



**INSTITUTO SUPERIOR DE CIÊNCIAS DA SAÚDE
EGAS MONIZ**

MESTRADO INTEGRADO EM MEDICINA DENTÁRIA

**AVALIAÇÃO DA FLUORESCÊNCIA DE DUAS RESINAS
COMPOSTAS APÓS IMERSÃO EM SOLUÇÕES PIGMENTANTES**

Trabalho submetido por
Maria João Silvestre Marques Bila
para a obtenção do grau de Mestre em Medicina Dentária

Junho de 2014



**INSTITUTO SUPERIOR DE CIÊNCIAS DA SAÚDE
EGAS MONIZ**

MESTRADO INTEGRADO EM MEDICINA DENTÁRIA

**AVALIAÇÃO DA FLUORESCÊNCIA DE DUAS RESINAS
COMPOSTAS APÓS IMERSÃO EM SOLUÇÕES PIGMENTANTES**

Trabalho submetido por
Maria João Silvestre Marques Bila
para a obtenção do grau de **Mestre** em Medicina Dentária

Trabalho orientado por
Prof. Doutora Inês Caldeira Fernandes

Junho de 2014

Agradecimentos

À minha orientadora, Professora Doutora Inês Caldeira Fernandes, por toda a disponibilidade, apoio e orientação dada ao longo deste trabalho.

Ao Professor Doutor Luís Filipe Vieira Ferreira pela partilha do seu conhecimento, material e espaço para a realização deste estudo.

Ao Professor Doutor Mário Polido pela disponibilidade e acesso ao Laboratório de Biomateriais.

À Direção Clínica do Instituto pelo apoio material na realização deste estudo.

Aos meus pais e avó por todo o apoio que me dedicaram ao longo do curso.

À minha irmã, Maria Inês, pela maturidade e pelos valores que me transmitiu ao longo de todo o meu processo académico.

À minha amiga, Maria dos Santos Gonçalves, pela companhia bem como pela amizade que me dedicou durante a realização deste trabalho.

Aos meus padrinhos e primo, Cristina, Vasco e Vasco, pela transmissão de valores e preocupação que demonstraram ao longo do meu percurso académico.

À 3M ESPE pela cooperação demonstrada na disposição de material.

Resumo

Objectivo: O objectivo deste estudo consiste na avaliação *in vitro* da fluorescência de duas resinas compostas, frequentemente usadas na prática clínica, antes e após a imersão em soluções pigmentantes.

Materiais e Métodos: 10 discos de resina composta (10mm de diâmetro e 2mm de espessura) foram confeccionados a partir de duas resinas compostas fotopolimerizáveis (uma nanoparticulada e uma híbrida) através de um molde metálico standardizado. Todos os discos sofreram um corte de 2 mm no seu diâmetro. Seguidamente, realizou-se o polimento. Oito discos foram imersos em saliva artificial durante 24 horas e posteriormente durante 72 horas nas respectivas soluções pigmentantes: água destilada, vinho tinto, café e *black vodka*. Dois discos não foram imersos. Os gráficos de fluorescência para cada disco foram obtidos a partir de um espectrofluorímetro e os dados foram tratados através de uma análise qualitativa e interpretativa.

Resultados: A exposição dos discos de resina composta aos fluídos pigmentantes diminuiu, de forma significativa, a intensidade de fluorescência por eles inicialmente emitida. A alteração de fluorescência mais acentuada verificou-se no Filtek™ Supreme XTE A3B sob a ação do vinho tinto e, a menos acentuada, no Filtek™ Z250 A3 sob a ação da água destilada. A solução que demonstrou causar mais alterações foi o vinho tinto e a que provocou menos alterações foi a água destilada.

Conclusões: As duas resinas compostas sofreram diferentes alterações de fluorescência, perante os diferentes agentes pigmentantes, sendo esta alteração dependente da natureza da matriz orgânica, partículas de carga e do tipo de agente pigmentante.

Palavras-chave: Fluorescência, Resina composta, Soluções pigmentantes, Propriedades ópticas

Abstract

Objective: The aim of this study is to evaluate the *in vitro*'s fluorescence of two composite resins, often used in clinical practice, before and after immersion in staining solutions.

Method and Materials: 10 resin composite discs (10 mm in diameter and 2mm thickness) were prepared from two light curing composite resins (a nanoparticulate and an hybrid one) using a metal standardised mold. All discs were cut 2 mm in diameter. Then, polishing was performed. Eight discs were immersed in artificial saliva for 24 hours and then for 72 hours in the respective staining solutions: distilled water, red wine, coffee and *black vodka*. Two discs were not immersed. The fluorescence graphics for each disk were obtained from a spectrofluorimeter and were processed through a qualitative and interpretative analysis.

Results: Exposure of resin composite discs to staining solutions decreased significantly the intensity of fluorescence emitted by them initially. The most marked change in fluorescence was found in FiltekTM Supreme XTE A3B under the action of red wine and less pronounced in FiltekTM Z250 A3 under the action of distilled water. The solution that has been shown to cause the most change was the red wine and the one shown to cause the least change was distilled water.

Conclusions: The two resin composites have suffered various fluorescence changes, in the presence of the various staining agents. This was justified by the different nature of the organic matrix, filler particles and the type of staining agent.

Keywords: Fluorescence, Composite resin, Staining solutions, Optical properties

Índice

I.	Introdução	21
II.	Revisão bibliográfica	25
	1) Conceitos de Estética e Biomimetismo	25
	2) Constituição do Dente Natural	26
	(1) Esmalte	27
	(2) Dentina	28
	3) Propriedades Óticas	28
	(1) Cor	28
	(2) Primárias: Matiz, Croma e Valor	30
	(3) Luz	30
	(a) Espectro Electromagnético	30
	(b) Reflexão	31
	(c) Refracção	32
	(4) Secundárias	33
	(a) Fluorescência	33
	(b) Translucidez	34
	(c) Opalescência	35
	(d) Metamerismo	36
	4) Pigmentação Dentária	36
	(1) Pigmentação Intrínseca	36
	(2) Pigmentação Extrínseca	37
	5) Resinas Compostas	38
	(1) Composição	38
	(2) Fotopolimerização	39
	(3) Classificação segundo o tamanho das partículas	41
	(a) Resinas Macroparticuladas	41
	(b) Resinas de Partículas pequenas	41
	(c) Resinas Microparticuladas	41
	(d) Resinas Híbridas	42
	(e) Resinas Microhíbridas	42
	(f) Resinas Nanoparticuladas	42
III.	Objectivos e Hipóteses de estudo	45

IV.	Materiais e Métodos	47
	1) Materiais utilizados.....	47
	(1) Código dos espécimes.....	50
	(2) Soluções pigmentantes.....	51
	2) Métodos.....	52
	(1) Fluorescência induzida por laser.....	57
V.	Resultados	59
VI.	Discussão	77
VII.	Conclusões	83
VIII.	Referencias bibliográficas	85
IX.	Anexos	

Índice de Figuras

Figura 1. Estética e Biomimetismo.....	25
Figura 2. Constituição do dente natural.....	26
Figura 3. Esmalte.....	27
Figura 4. Dentina e Odontoblastos.....	28
Figura 5. Coordenadas da cor L^* , a^* , b^* , C^* e h	29
Figura 6. Métodos de medição de cor.....	29
Figura 7. Propriedades ópticas primárias.....	30
Figura 8. Espectro electromagnético.....	31
Figura 9. Fenómeno de reflexão.....	31
Figura 10. Reflexão especular e difusa.....	32
Figura 11. Representação simplificada da reflexão, absorção e transmissão de luz através de um material translúcido.....	32
Figura 12. Emissão de fluorescência por dentes restaurados sob o efeito da luz ultravioleta.....	34
Figura 13. Translucidez do bordo incisal.....	34
Figura 14. Ilustração que enfatiza as diferenças de translucidez entre as resinas compostas de dentina (na esquerda) e as resinas compostas de esmalte (na direita).....	35
Figura 15. Comunicação da cor e aparência.....	36
Figura 16. Composição da matriz orgânica.....	39
Figura 17. Representação esquemática dos três passos da reação de fotopolimerização.....	40
Figura 18. Resinas compostas.....	43
Figura 19. Imagem dos materiais utilizados.....	48
Figura 20. Imagem representativa das soluções pigmentantes utilizadas.....	50
Figura 21. Confeção dos discos de resina composta e fotopolimerização.....	52
Figura 22. Corte dos discos de resina composta.....	53
Figura 23. Discos de polimento Sof Lex do sistema laranja (3M ESPE).....	53
Figura 24. Discos não sujeitos a imersão em soluções pigmentantes.....	54

Figura 25. Colocação dos discos em Saliva artificial e posterior lavagem com Água destilada.....	54
Figura 26. Colocação dos discos nas respectivas soluções pigmentantes e posterior lavagem com Água destilada	55
Figura 27. Espectrofluorímetro do Instituto Superior Técnico.....	57
Figura 28. Esquema representativo do sistema de Fluorescência induzida por laser.....	58
Figura 29. Imagem do disco de ZO	59
Figura 30. Espectro de Fluorescência de ZO.....	59
Figura 31. Imagem do disco de XO.....	60
Figura 32. Espectro de Fluorescência de XO.....	60
Figura 33. Imagem do disco de ZA.....	61
Figura 34. Espectro de Fluorescência de ZA	62
Figura 35. Imagem do disco de ZC.....	63
Figura 36. Espectro de Fluorescência de ZC.....	63
Figura 37. Imagem do disco de ZB.....	64
Figura 38. Espectro de Fluorescência de ZB.....	65
Figura 39. Imagem do disco de ZV.....	66
Figura 40. Espectro de Fluorescência de ZV.....	66
Figura 41. Imagem representativa das alterações de fluorescência das soluções pigmentantes no Filtek™ Z250 A3.....	68
Figura 42. Imagem do disco de XA.....	68
Figura 43. Espectro de Fluorescência de XA.....	69
Figura 44. Imagem do disco de XC.....	70
Figura 45. Espectro de Fluorescência de XC.....	70
Figura 46. Imagem do disco de XB.....	71
Figura 47. Espectro de Fluorescência de XB.....	72
Figura 48. Imagem do disco de XV.....	73
Figura 49. Espectro de Fluorescência de XV.....	73
Figura 50. Imagem representativa das alterações da fluorescência das soluções pigmentantes no Filtek™ Supreme XTE A3B.....	75
Figura 51: Gráfico que compara as alterações provocadas pelas soluções pigmentantes nas duas resinas compostas.....	76

Índice de Tabelas

Tabela 1. Código dos espécimes segundo o tipo de resina, na ausência de solução pigmentante.....	50
Tabela 2. Código dos espécimes segundo o tipo de resina, no respectivo meio de imersão.....	51
Tabela 3. Tabela do pico máximo de ZO.....	60
Tabela 4. Tabela do pico máximo de XO.....	61
Tabela 5. Tabela do pico máximo de ZA	62
Tabela 6. Tabela do pico máximo de ZC.....	64
Tabela 7. Tabela do pico máximo de ZB.....	65
Tabela 8. Tabela do pico máximo de ZV.....	67
Tabela 9. Tabela de comparação das alterações de fluorescência provocadas no Filtek™ Z250 A3 usando como termo de comparação o ZO.....	67
Tabela 10. Tabela do pico máximo de XA.....	69
Tabela 11. Tabela do pico máximo de XC.....	71
Tabela 12. Tabela do pico máximo de XB.....	72
Tabela 13. Tabela do pico máximo de XV.....	74
Tabela 14. Tabela de comparação das alterações de fluorescência provocadas no Filtek™ Supreme XTE A3B usando como termo de comparação o XO.....	74
Tabela 15: Tabela de comparação das alterações de fluorescência pelas soluções pigmentantes nas duas resinas compostas.....	75
Tabela 16. Análise de estudos <i>in vitro</i> sobre variações de fluorescência de diversas resinas compostas após imersão em soluções.....	78

Lista de abreviaturas

Bis- EMA	<i>ethoxylated bisphenol α-glycol dimetacrylate</i>
Bis-GMA	<i>bisphenol α-diglycidyl methacrylate</i>
CIE	<i>comission internationale de l'Eclaire</i>
Hz	hertz
ICCD	<i>intensified charge-coupled device</i>
μm	micrómetros
mm	milímetros
nm	nanómetros
PEGDMA	<i>poly(ethylene glycol) dimethacrylate</i>
TEGDMA	<i>triethylene glycol dimetacrylate</i>
UV	ultravioleta
u.a.	unidades arbitrarias
UDMA	<i>urethane dimetacrilate</i>

I. Introdução

A qualidade de vida, *status* social e auto-estima são três conceitos intimamente associados à aparência. Por sua vez, dentes aparentemente saudáveis são um atributo cada vez mais importante e desejado. Um problema prático consiste na produção de materiais restauradores que apresentem propriedades ópticas que mimetizem as dos dentes naturais (Gawriolek et al., 2012).

O principal objectivo da Dentisteria Restauradora consiste na substituição da estrutura dentária perdida ou na correcção anatómica e estética através do uso de materiais que possuam propriedades biológicas, físicas e funcionais semelhantes às do dente natural. As características ópticas ou a expressão cromática do dente natural são determinadas pela interacção da luz com a dentina, esmalte e polpa durante o fenómeno de reflexão e refacção e incluem uma variedade de graus de translucidez, opacidade, efeitos opalescentes, iridescentes e de fluorescência (Baratieri, Araujo & Monteiro, 2007; Lefever, Mayoral, Mercade, Basilio & Roig, 2010).

Na verdade, a substância fluorescente emite mais luz visível do que aquela que recebe, parecendo mais brilhante e vital do que um espécime não fluorescente (Meller & Klein, 2012; Yu & Lee, 2013).

O termo “Fluorescência” foi definido pelo Sr. George Stokes, físico e professor de matemática na Universidade de Cambridge, em 1852, na famosa publicação *On the Refrangibility of Light*. Foi também nesta publicação que foi introduzido o conceito de reflexão dispersa: o comprimento de onda da luz dispersa é sempre superior ao comprimento de onda da luz original (Valeur & Berberan-Santos, 2011). Mais tarde esta passou a ser a “lei de Stokes”. No entanto, ainda em 1565, Nicolás Monardes documentou o fenómeno de fluorescência através da infusão da planta medicinal *Eysenhardtia polystachya*, também conhecida, na Europa, como *Lygnum nephrtium*. Só mais tarde, em 1928, Benedict verificou que este fenómeno também estava presente nos tecidos duros do dente e que a fluorescência podia ser obtida quando um dente era iluminado com luz UV (ultravioleta) (Acuña, Amat-Guerri, Morcillo, Liras & Rodríguez, 2009; Valeur & Berberan-Santos, 2011; Meller & Klein, 2012).

O termo luminescência provém do latim (*lumen* = luz). Foi introduzido inicialmente como *luminescenz* pelo físico Germânico e historiador científico Eilhard

Wiedemann, em 1888, para todos os fenómenos de luz que não são condicionados apenas por um aumento de temperatura. Atualmente, a definição de luminescência é a seguinte: “emissão espontânea de radiação a partir de espécies electronicamente excitadas (ou a partir de espécies excitadas por vibração) que não estão em equilíbrio térmico com o ambiente. Os vários tipos de luminescência são classificados de acordo com o modo de excitação, sendo assim a fluorescência um tipo de luminescência (Valeur & Berberan-Santos, 2011).

Até hoje, a maioria dos estudos incidem na avaliação da fluorescência do dente ou das porcelanas dentárias, poucos são aqueles que avaliam a fluorescência das resinas compostas, e ainda menos são os que analisam as propriedades fluorescentes de um grande número de compósitos disponíveis no mercado (Lefever et al., 2010; Meller & Klein, 2012).

Recentemente, as resinas compostas começaram a ser caracterizadas pelas suas propriedades ópticas, incluindo a luminescência. Idealmente, a fluorescência de um material restaurador deve ser semelhante à do dente natural. De facto, devido ao vasto uso de luz artificial com contribuições azuis e de UV, como a luz natural, do consultório ou a luz negra, a luminescência tem-se tornado um factor que se encontra cada vez mais em destaque (Gawriolek et al., 2012; Meller & Klein, 2012).

O conhecimento da morfologia individual, cor (matiz, croma e valor), translucidez, opacidade, textura e transmissão da luz é essencial para que sejam atingidos resultados naturais das resinas compostas (Queiroz et al., 2010).

A fluorescência é clinicamente relevante porque as restaurações estéticas devem coincidir com a cor do dente natural durante o dia assim como perante outras fontes de luz. No entanto, perante condições de luz ambientais normais, a fluorescência é minimamente perceptível, sendo mais importante perante luz negra, como a existente em clubes nocturnos (Queiroz et al., 2010).

Na verdade, a iluminação natural varia ao longo do dia devido às condições atmosféricas ou outras condições que alteram a quantidade de componente UV durante o dia. Este nível de UV pode influenciar a cor das resinas compostas fluorescentes usadas em restaurações anteriores (Lee, Kim & Ahn, 2007).

A fluorescência de uma resina composta não provém dos seus constituintes essenciais, mas sim de aditivos de vidro fluorescentes, elementos raros da Terra (európio, cerium, itérbio, térbio, disprósio e samário), que melhoram esta propriedade.

Na verdade, estudos que analisaram as propriedades fluorescentes referem que a fluorescência é maioritariamente determinada pela última camada de estratificação de uma restauração (Park, Lee & Lim, 2007; Meller & Klein, 2012; Jablonski, Takahashi, Brum, Rached & Souza, 2012; Nora, Bueno & Pozzobon, 2013).

No dente natural, a fluorescência ocorre primariamente na dentina por causa da quantidade de pigmentos orgânicos fotossensíveis existentes nela. O esmalte também apresenta fluorescência, no entanto, o índice de fluorescência do esmalte é menor que o da dentina. Adicionalmente, em muitos casos o esmalte apresenta uma maior fluorescência do que a maioria dos compósitos existentes no mercado (Baratieri et al., 2007; Pereira et al., 2011).

Uma das queixas mais frequentes dos pacientes verifica-se quando estes estão em ambientes noturnos sob luz negra (com radiação ultravioleta) pois as suas restaurações escurecem devido à falta de fluorescência do material restaurador (Pereira, Amaral, Cavalcante, Porto & da Saúde, 2011).

Os resultados das investigações que têm sido realizadas podem ajudar no desenvolvimento de materiais cuja aplicação seja mais orientada, ou seja, resinas compostas fluorescentes ou não fluorescentes, apresentando estas vantagens ou desvantagens dependendo da sua aplicação (Meller & Klein, 2012).

Em estudos prévios verificou-se que as resinas compostas que apresentavam fraca fluorescência não mostraram grandes diferenças em relação à fluorescência emitida pela dentina e pelo esmalte (Meller & Klein, 2012).

A fluorescência das resinas compostas pode também servir para outros campos de aplicação na Dentisteria, nomeadamente na substituição de restaurações em dentes posteriores, através da sua detecção utilizando iluminantes indutores de fluorescência, permitindo desta forma, um tratamento mais conservador, menos invasivo e mais rápido. Em contraste, compósitos com propriedades fluorescentes às do dente natural poderão ser indicados para restaurações anteriores estéticas (Meller & Klein, 2012).

O presente estudo pretende então fazer uma avaliação da fluorescência de duas resinas compostas de diferentes composições e estudar as alterações provocadas nestas perante a acção de soluções potencialmente pigmentantes.

II. Revisão bibliográfica

1) Conceitos de Estética e Biomimetismo

As resinas compostas são materiais restauradores estéticos cada vez mais populares na prática clínica devido à melhoria das suas propriedades estéticas, físicas e mecânicas. Como consequência dessa melhoria, os clínicos têm direcionado a sua atenção para abordagens restauradoras menos invasivas e mais conservadoras (Borges et al., 2011).

A Dentisteria Estética Moderna baseia-se na conservação de estrutura dentária, admitindo que, para um material atingir a excelência, tem que possuir uma combinação de fundamentos tanto biológicos como funcionais (McLaren, 1997).

Mimetizar a cor de uma resina composta não polimerizada com a cor do dente natural é um processo extremamente desafiante. Após a escolha da cor e após o processo de polimerização, a cor deveria manter-se ao longo dos anos. No entanto, a própria polimerização induz alterações das propriedades ópticas (figura 1a). Esse grau de alteração depende da resina composta em si, da sua cor e do comprimento de onda da luz utilizado na fotopolimerização. Novos conceitos e práticas clínicas, incluindo a técnica de estratificação associada ao uso de dentinas opacas e esmaltes translúcidos, têm sido propostos, com o objectivo de mimetizar as propriedades ópticas do dente natural ausente, principalmente em situações de grandes destruições de dentes anteriores (Figura 1b) (Li, Xu, Li & Wang, 2010; Meller & Klein, 2012; Karaarslan et al., 2013).

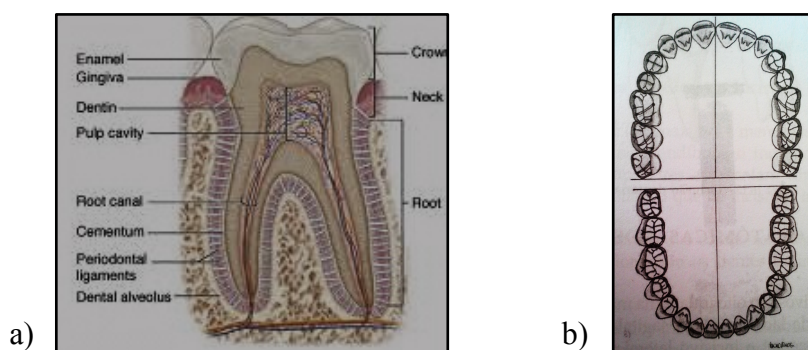


Figuras 1: Estética e Biomimetismo; **a)** Restauração com resina composta nos Centrais Superiores escurecida que necessita de substituição; **b)** Resultado final das restaurações com caracterização interna (retirado de Paravina, 2013).

Idealmente, as restaurações estéticas e o dente natural deveriam apresentar o mesmo espectro de reflectância. Só assim se garantia que não haveria diferenças ópticas entre o material de restauração e o dente, perante qualquer tipo de iluminação. Espectros de reflectância iguais existem quando os coeficientes de absorção, dispersão e o factor anisotrópico do material restaurador e do dente são iguais. Uma vez que o dente natural apresenta zonas com propriedades ópticas distintas (esmalte e dentina), torna-se relevante imitar esta estrutura estratificada através do uso de diferentes materiais restauradores com propriedades ópticas também distintas. Só desta forma se consegue atingir uma percepção óptima da cor (Friebel, Pernell, Cappius, Helfmann & Meinke, 2012).

2) Constituição do Dente Natural

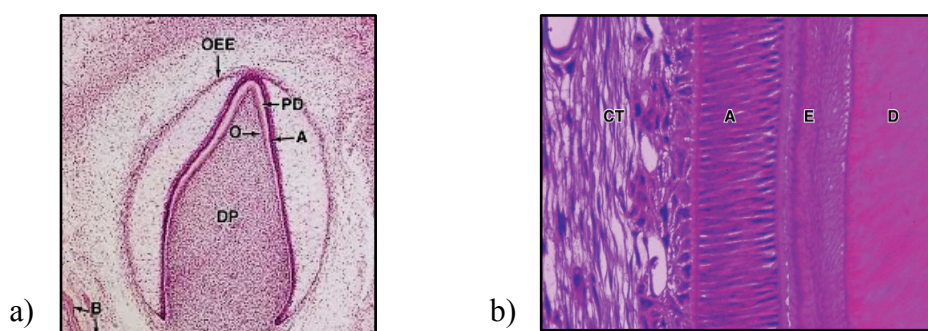
O dente é o tecido mais mineralizado do corpo humano e apresenta na sua constituição: tecidos altamente mineralizados (esmalte, dentina e cimento) e tecidos não mineralizados como o tecido pulpar, vasos sanguíneos e fibras nervosas (figura 2a). O dente é revestido por tecido conjuntivo, o ligamento periodontal, que é responsável pela manutenção do dente dentro do saco alveolar (Jágr et al., 2014).



Figuras 2: Constituição do dente natural; **a)** Diagrama da estrutura interna de um dente molar, que é semelhante às restantes peças dentárias: coroa, esmalte, raízes, dentina, cavidade pulpar, canal radicular, cimento e ligamento periodontal (retirado de Mecher, 2013); **b)** Vista oclusal do esmalte das arcadas dentárias (retirado de Zagalo et al., 2010).

(1) Esmalte

O esmalte (figura 2b) é o componente mais duro do corpo humano e é constituído por 96% de cristais de hidroxiapatite (material inorgânico), apenas 2% a 3% de material orgânico que inclui proteínas, embora em pouca quantidade, colagénio, e outros componentes como água e iões fluoreto. O esmalte que contém cristais de fluorapatite é mais resistente à dissolução pelo ácido do que o que contém cristais de hidroxiapatite. O esmalte é estruturalmente constituído por prismas interligados e uniformemente organizados, com 5 μm (micrómetros) de diâmetro e 2 mm (milímetros) de altura. A organização precisa da camada de esmalte é o que dita a dureza e resistência características desta estrutura. Os ameloblastos, células polarizadas da fase germinativa “botão” (figuras 3a e 3b), são responsáveis pela secreção da matriz dos prismas de esmalte e constituem uma parte epitelial específica desta mesma fase: o órgão de esmalte. As terminações apicais dos ameloblastos estão em íntimo contacto com odontoblastos, que são os responsáveis pela produção da pré-dentina. O crescimento dos cristais de hidroxiapatite é guiado por uma pequena proteína, a amelogenina (Mescher, 2013; Jágr, 2013).



Figuras 3: Esmalte; **a)** imagem representativa do órgão de esmalte onde a produção de esmalte e dentina se inicia: (A) Camada de ameloblastos, (OEE) Epitélio de esmalte externo, (B) Mesênquima, (DP) Papila dentária e (O) Camada de odontoblastos; **b)** Dente na fase germinativa botão: (A) Ameloblastos; (D) Dentina; (CT) Tecido conjuntivo e (E) Esmalte (adaptado de Mescher, 2013).

(2) Dentina

A dentina (figura 4) é um tecido calcificado mais duro do que o osso, mas menos duro do que o esmalte. Consiste em 70% de hidroxiapatite, 20% de matriz orgânica (glicoproteínas, fosfolípidos) e 10% de água. A matriz orgânica contém também colagénio tipo I e proteoglicanas secretadas pelas terminações apicais dos odontoblastos. Estas são células polarizadas derivadas da crista neural. Os processos odontoblásticos são importantes para a manutenção da matriz de dentina. Os odontoblastos mantêm a produção de pré-dentina, não mineralizada, durante a vida de adulto, reduzindo gradualmente o tamanho da cavidade pulpar. Os odontoblastos são também estimulados a produzir dentina terciária se ocorrer algum dano no dente. A pré-dentina está localizada entre os odontoblastos e a dentina madura (Mescher, 2013; Jäger et al., 2013).

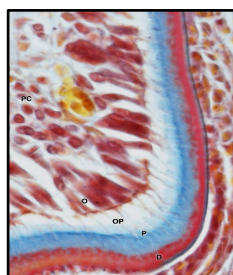


Figura 4: Dentina e Odontoblastos: (O) Odontoblastos, (OP) Processos odontoblásticos, (P) Pré-dentina e (D) Dentina (adaptado de Mescher, 2013).

3) Propriedades ópticas

(1) Cor

Foi em 1912, que *Munsell* introduziu o estudo da percepção da cor em Dentística ao definir as três dimensões: matiz, croma e valor (Munsell, 1919). Usualmente, a cor é descrita segundo as coordenadas L^* , a^* e b^* (figura 5) definidas pela CIE (Comissão Internationale de l'Eclairage) ou segundo os parâmetros Matiz, Croma e Valor, estando os últimos três intimamente relacionados com a percepção humana da cor. L^* representa o grau de cinzento correspondendo à claridade, a^* representa o grau de vermelho, se a^* for positivo, ou o grau de verde, se o a^* for

negativo. O b^* positivo corresponde ao grau de amarelo e o b^* negativo ao grau de azul (Gawriolek, 2012; Kang et al., 2012).

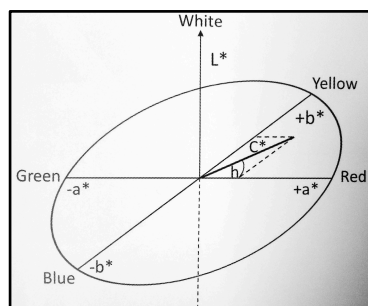
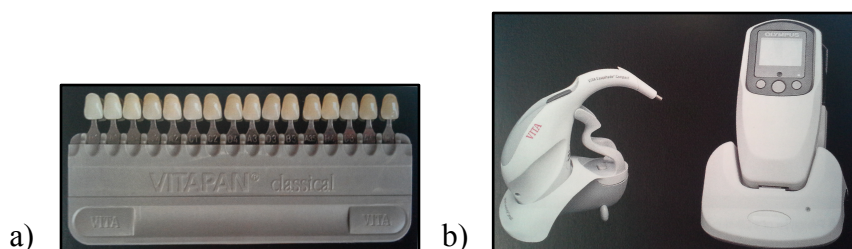


Figura 5: Coordenadas da cor L^* , a^* , b^* , C^* (Croma) e h (matiz) (retirado de Paravina, 2013).

Nos tratamentos restauradores estéticos de rotina, a mimetização da cor da restauração e do dente remanescente é realizada visualmente, consoante as condições de luz ambientais (figura 6a). Actualmente, não existem estudos que disponibilizem informação detalhada acerca da dependência do observador na percepção da cor. Medições de cor laboratoriais prevalecem sobre estas últimas pela sua precisão e eficácia, uma vez que permitem uma seleção de cor mais objectiva, quantificável, rápida e reproduzível (figura 6b) (Friebel et al., 2012; Karaarslan et al., 2013).



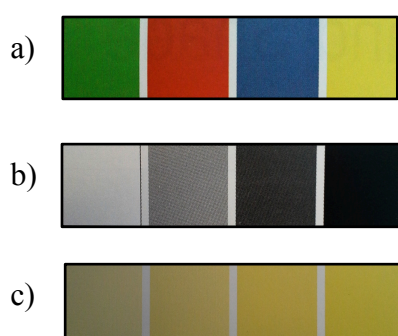
Figuras 6: Métodos de medição de cor; **a)** Escala VITA clássica; **b)** Vita EasyShade Compact da Vident na esquerda e Crystaleyne da Olympus na direita (retirado de Paravina, 2013).

A estabilidade da cor das resinas compostas é influenciada por factores extrínsecos e intrínsecos. Factores extrínsecos incluem a duração e intensidade da luz durante o processo de polimerização, exposição a factores ambientais como a radiação ultravioleta, água, calor e corantes alimentares. Factores intrínsecos incluem a composição da matriz da resina composta, partículas de preenchimento, seu tamanho e

distribuição, tipo de fotoiniciador, percentagem de ligações de carbono remanescentes e outros aditivos (Queiroz et al., 2010; Karaarslan et al., 2013).

(2) Primárias: Matiz, Croma e Valor

A matiz (figura 7a) é a dimensão da cor que permite a diferenciação entre as diferentes famílias de cores como o vermelho, verde, azul e amarelo. Na dentição permanente jovem, a matiz tende a ser a mesma em todas as peças dentárias. O croma (figura 7c) é a dimensão que corresponde ao grau de saturação ou intensidade da cor. Geralmente, o croma dos dentes aumenta com a idade. O valor ou brilho (figura 7b) permite a diferenciação entre o branco e o preto, é acromático. Um dente esbranquiçado tem um valor elevado e um dente escuro um valor baixo (Singer, 2001; Paravina, 2013).



Figuras 7: Propriedades ópticas primárias; **a)** Matiz; **b)** Valor; **c)** Croma (retirado de Paravina, 2013)

(3) Luz

(a) Espectro Electromagnético

Em 1666, Isaac Newton observou pela primeira vez que se uma luz branca atravessasse um prisma, essa luz era decomposta em diversas cores, hoje denominado de espectro visível. Foi em 1867 que Maxwell publicou a primeira teoria do campo electromagnético. No entanto, o espectro de frequências conhecido estendia-se apenas do infravermelho até ao ultra-violeta (Heicht, 1998; Singer, 2001).

Uma onda electromagnética possui uma frequência, um comprimento de onda e uma velocidade de propagação. Estes três relacionam-se através da seguinte fórmula: $v = f\lambda$ (Cutnell & Johnson, 2006).

A série ordenada das frequências ou dos comprimentos de onda das ondas electromagnéticas é chamada de espectro electromagnético (figura 8). A fronteira entre as regiões adjacentes é representada nos diagramas como uma linha bem definida mas, na prática, estas sobrepõem-se frequentemente. A faixa de frequência visível pelo olho humano é a que compreende as frequências de $4,0 \times 10^{14}$ Hz (hertz) e $7,9 \times 10^{14}$ Hz (Cutnell & Johnson, 2006).

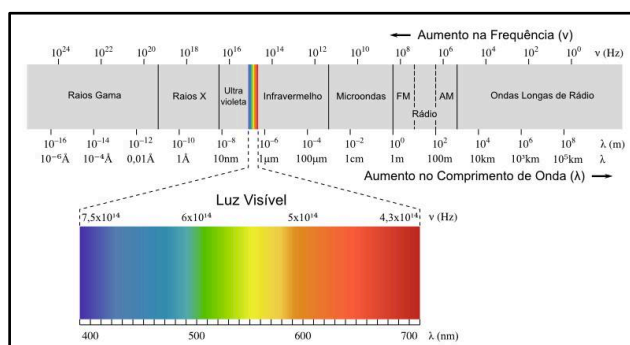


Figura 8: Espectro electromagnético (adaptado de Walker, Halliday e Resnick, 2008).

(b) Reflexão

Quando um raio de luz incide numa superfície polida plana, uma certa parcela dessa luz é reflectida por esse objecto. O ângulo de incidência (θ_i) consiste no ângulo que o raio incidente faz com a linha perpendicular à superfície (usualmente designada de “normal”) no ponto de incidência. O ângulo de reflexão (θ_r) é o ângulo que o raio reflectido faz com a normal (Figura 9). A lei da reflexão descreve o comportamento tanto do raio incidente como do raio reflectido, admite que $\theta_i = \theta_r$ e que o raio incidente, o raio reflectido e a normal estão situados no mesmo plano (Cutnell & Johnson, 2006).

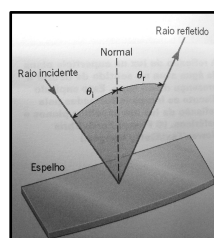
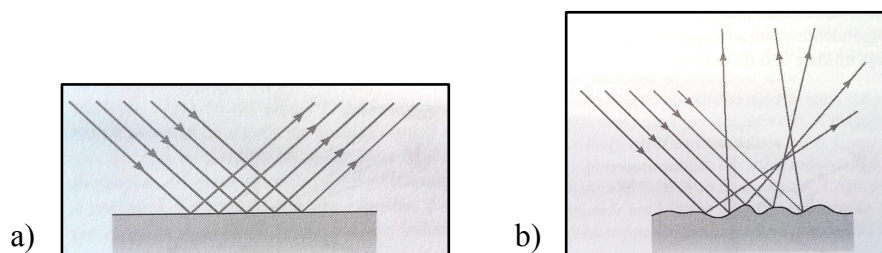


Figura 9: Fenómeno de reflexão (adaptado de Cutnell & Johnson, 2006)

Quando estamos perante uma superfície plana e lisa, como a existente nos espelhos, os raios de luz incidentes encontram-se paralelos entre si. Este tipo de reflexão constitui a chamada reflexão especular (figura 10a). Por outro lado, podemos estar perante superfícies que contêm irregularidades. Neste caso, a superfície irregular reflecte os raios de luz nas mais variadas direções, ocorrendo o fenómeno de reflexão difusa (figura 10b) (Cutnell & Johnson, 2006).



Figuras 10: Reflexão especular e difusa; **a)** fenómeno de reflexão especular; **b)** fenómeno de reflexão difusa (retirado de Cutnell & Johnson, 2006).

(c) Refracção

A refração (figura 11), primeiramente referida por Newton, ocorre quando um feixe de luz incide obliquamente na superfície de separação entre dois meios, segundo um ângulo de incidência $\theta_i \neq 0$, ou seja, corresponde à onda que é transmitida (Heicht, 1998).

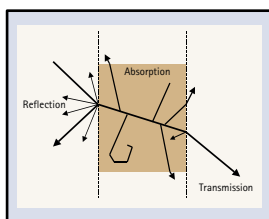


Figura 11: Representação simplificada da reflexão, absorção e transmissão de luz através de um material translúcido (retirado de Burkinshaw, 2002).

(4) Secundárias

(a) Fluorescência

Inicialmente, a fluorescência foi definida como a emissão de luz que desaparecia com o terminar da excitação. No entanto, esta definição rapidamente foi considerada como incompleta (Valeur & Berberan-Santos, 2011). A fluorescência, por definição, consiste na absorção de luz, por parte de uma substância, com um comprimento de onda menor e, consequentemente, a emissão de luz visível com um comprimento de onda maior perante uma activação de 10^{-8} segundos. Em Dentisteria, a fluorescência tem sido tradicionalmente assumida como a absorção de luz UV por uma substância e a emissão de luz visível na banda dos azuis (McLaren, 1997; Lee, Lu & Powers, 2004; Yu & Lee, 2008; Valeur & Berberan-Santos, 2011).

Várias formas de fluorescência são possíveis. Os materiais podem absorver comprimentos de onda curtos provenientes da luz visível e emití-la também em luz visível mas em comprimentos de onda maiores. Usualmente, a fluorescência não é detectada com as lâmpadas utilizadas no consultório, mas sim, por exemplo, com luz UV como a luz negra, a luz solar ou lâmpadas fluorescentes. São vários também os métodos que permitem a detecção da fluorescência: espectros de fluorescência, subtracção dos valores obtidos em espectros de reflectância na presença e ausência de UV ou mesmo através da captação de imagem durante a emissão de fluorescência por um objecto (McLaren, 1997; Lefever et al., 2010; Paravina, 2013).

A fluorescência tende a dar um efeito iridescente a um material, a dar mais brilho e vitalidade a um dente escurecido, para além de minimizar o efeito metamérico entre o dente e a restauração. Esta propriedade faz com que o dente pareça mais claro, branco e mais vivo à luz do dia (Queiroz et al., 2010; Lefever et al., 2010).

A fluorescência consegue acentuar a vitalidade da restauração e do dente, tornando-os mais luminosos. Como resultado, se o material restaurador não apresentar fluorescência semelhante à da estrutura dentária, o contraste resultante irá afectar gravemente a aparência. Quando a incidência de luz ultra-violeta revela fluorescência, o dente torna-se mais branco e brilhante (figura 12) e o policromatismo do dente é eliminado. As alterações que ocorrem no esmalte, na dentina e na polpa associadas às propriedades ópticas criam efeitos cromáticos que podem ser mimetizados e

reproduzidos com o uso de resinas compostas especialmente elaboradas para o efeito. Para o processo de criação das mesmas, é necessário esclarecer que a dentina é essencialmente opaca (menos translúcida), complexa e mais fluorescente do que o esmalte. Por outro lado, o esmalte é mais translúcido e opalescente (Baratieri et al., 2007).

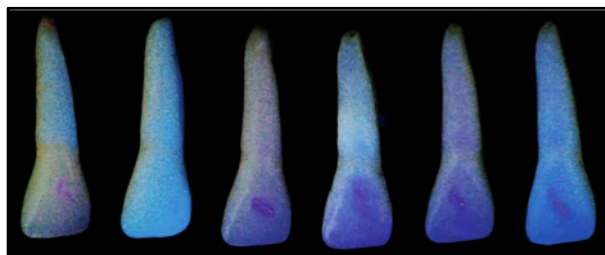
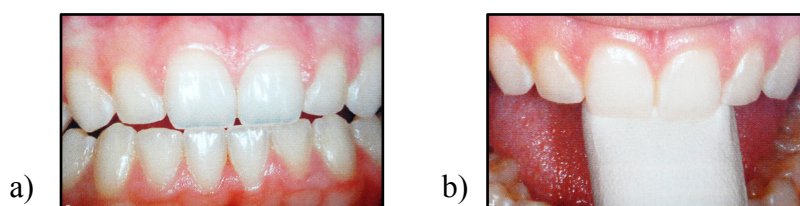


Figura 12: Emissão de fluorescência por dentes restaurados sob o efeito da luz ultravioleta (retirado de Baratieri et al, 2007).

(b) Translucidez

A translucidez (figuras 13a e 13b) é a propriedade de um material que se caracteriza pela passagem de luz através dele mesmo e apenas parte dessa luz é absorvida. Tem uma natureza oposta à da opacidade com a qual um objecto impede a passagem de luz através do mesmo (Singer, 2001; Paravina, 2013).



Figuras 13: Translucidez do bordo incisal; **a)** Bordo incisal translúcido e azulado devido à cor escura do interior da cavidade oral; **b)** A colocação de uma luva branca no bordo incisal e desaparecimento da translucidez confirma a translucidez do bordo incisal e não a presença de uma descoloração (retirado de Paravina, 2013).

A translucidez das restaurações a resina composta é afectada por parâmetros como a espessura, partículas de preenchimento, opacificadores, composição da matriz da resina, fotopolimerização e idade do compósito. Está demonstrado que quanto mais

cromáticas são as resinas compostas menor é a translucidez (Akbar, Moharamzadeh, Wood & Noort, 2011).

A translucidez dos materiais restauradores estéticos (figura 14) tem sido usualmente determinada pelo parâmetro de translucidez. Está demonstrado que o valor do parâmetro de translucidez aumenta exponencialmente com a redução da espessura da resina composta e é independente da cor (Lee, Kim & Powders, 2005; Arimoto et al., 2010).



Figura 14: Ilustração que enfatiza as diferenças de translucidez entre as resinas compostas de dentina (na esquerda) e as resinas compostas de esmalte (na direita) (retirado de Paravina, 2013).

(c) Opalescência

A opalescência é a propriedade óptica de um material que consiste na dispersão de comprimentos de onda curtos do espectro de luz visível, dando ao material uma aparência azulada sob a reflexão da luz e uma aparência alaranjada/acastanhada perante a transmissão de luz. Uma vez que o esmalte do dente natural é opalescente, as resinas compostas devem também apresentar esta propriedade. A opalescência dos materiais restauradores estéticos tem sido usualmente determinada através do parâmetro de opalescência (McLaren, 1997; Arimoto et al., 2010).

A opalescência é um fenómeno no qual os objectos aparentam ter uma cor quando refractam a luz e outra diferente quando reflectem a luz. O opalescente natural é um dissilicato que quebra a luz transiluminada em componentes espectrais através da refacção. Actuam como prismas que refractam diferentes comprimentos de onda em diversos graus. A opalescência é essencialmente responsável pela tonalidade alaranjada da porção de dentina dos mamelões e dos bordos incisais do dente (Baratieri et al., 2007).

O uso excessivo de materiais opalescentes pode levar a uma aparência azulada/acizentada da restauração (McLaren, 1997).

(d) Metamerismo

O dente natural e as resinas compostas apresentam diferentes composições químicas e, conseqüentemente, diferentes espectros de reflectância. Sendo assim, a coincidência da cor destes dois resulta de um processo chamado metamerismo: a aparência visual de duas cores com diferentes distribuições espectrais parecem coincidir quando sujeitas a um determinado tipo de luz incidente (figuras 15a e 15b). Assim, uma restauração pode visualmente ser semelhante ao dente natural quando observada com luz natural ou com a luz do consultório, mas sob a acção de uma luz indutora de fluorescência, este fenómeno pode não ocorrer. Se duas espécies, de espectros diferentes, sob o efeito de um iluminante apresentarem, sob o olho humano, a mesma cor, mas sob o efeito de outro iluminante esta situação não ocorrer, estamos perante uma falha metamérica. Isto significa que as duas espécies apresentam espectros de reflectância diferentes (Meller & Klein, 2012).



Figuras 15: Comunicação da cor e aparência; **a)** Fotografias com a cor escolhida devem ser tiradas para uma melhor comunicação com os técnicos de laboratório; **b)** Escolha da cor da futura coroa em implante de um dente 1.1 (retirado de Paravina, 2013).

4) Pigmentação dentária

(1) Pigmentação Intrínseca

A pigmentação intrínseca consiste na descoloração da própria resina composta, nomeadamente da matriz de resina e da interface entre a matriz e as partículas de preenchimento. A descoloração intrínseca pode ser resultado de uma polimerização insuficiente ou imersão em água durante longos períodos (Kang et al., 2012).

As descolorações internas são permanentes e estão relacionadas com a qualidade do polímero, com o tipo, quantidade de partículas de preenchimento e sinergismo associado ao sistema fotoiniciador da resina composta. Nas resinas compostas fotopolimerizáveis, se a polimerização é incompleta, a canforoquinona não convertida irá provocar uma coloração amarelada da restauração. Para além disto, outros componentes do sistema fotoiniciador, nomeadamente aminas alifáticas ou aromáticas terciárias, tendem a causar uma descoloração sob a influência de luz ou calor, tornando a restauração mais amarelada ou acastanhada (Malekipour, Sharafi, Kazemi, Khazaei & Shirani, 2012).

(2) Pigmentação Extrínseca

Nos dias de hoje, com a melhoria das propriedades químicas, físicas e estéticas dos materiais dentários, a sua comercialização está a ser cada vez maior. No entanto, grande parte destes materiais sofrem deteriorização em algum grau. Os factores responsáveis pela deteriorização incluem bebidas pigmentantes e elevadas temperaturas (Gawriolek et al., 2012).

A afinidade das resinas compostas com os agentes pigmentantes extrínsecos depende do seu grau de conversão e características físico-químicas. Na cavidade oral, como resultado da degradação superficial ou da leve penetração e absorção dos agentes pigmentantes na camada superficial das resinas compostas, descolorações à superfície e debaixo da superfície podem ocorrer. A pigmentação extrínseca também pode estar associada à rugosidade de superfície, integridade da superfície e técnicas de polimento. Na verdade, a composição interna das resinas, a matriz orgânica e características das partículas de preenchimento têm um impacto directo na rugosidade superficial e susceptibilidade a pigmentação extrínseca (Malekipour et al., 2012; Karaarslan et al., 2013).

No ambiente da cavidade oral, são vários os factores que podem causar a descoloração extrínseca das resinas compostas: elixires, consumo de alimentos ácidos ou alimentos e bebidas pigmentantes como o café (Kang et al., 2012; Karaarslan et al., 2013).

5) Resinas Compostas

As resinas compostas são materiais compostos por duas ou mais fases distintas. Foram formuladas resinas compostas de aplicação no ramo da Medicina Dentária por combinarem propriedades estéticas e facilidade de utilização. Originalmente a sua aplicação era apenas direccionada para restaurações anteriores estéticas Classes 3, 4 e 5 (Denninson, 2008).

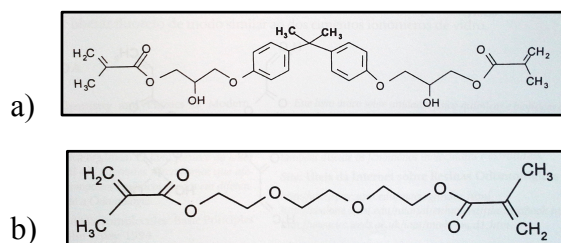
Uma das grandes vantagens das resinas compostas reside no facto destas conseguirem mimetizar a aparência natural do dente e, por isso mesmo, tornaram-se dos materiais mais populares na estética dentária (Rawls, 2013).

Desde que as resinas compostas foram introduzidas na Dentisteria, há meio século atrás, que a sua composição tem vindo a sofrer modificações. Até recentemente, a mais importante alteração na composição consistiu na incorporação de partículas de preenchimento que têm vindo, propositadamente, a sofrer uma diminuição no seu tamanho, com o objectivo de tornar estes materiais mais facilmente e eficazmente polidos e com maior resistência ao desgaste. Hoje em dia, as alterações estão mais focadas na matriz polimérica, principalmente na obtenção de sistemas que reduzam o stress induzido pela contração de polimerização, e na criação de resinas que autoadiram à estrutura dentária (Ferracane, 2010; Chen, Zhao, Wu, Xu e Fong, 2012).

(1) Composição

As resinas compostas são, regra geral, compostas por uma matriz orgânica polimérica, composta tipicamente por dimetacrilatos, sendo este considerado o componente activo, partículas de reforço inorgânicas dispersas feitas a partir de vidro radiopaco, sílica, cristais, óxidos metálicos ou fibras, silanos de união (que fazem a ligação da matriz ao material de preenchimento) e elementos que promovem ou estão associados à reacção de polimerização (sistema activador-iniciador). Podem também ser adicionados pigmentos e absoventes de luz UV para ajudar a mimetizar a cor e inibidores da polimerização. O monómoro principal usado nas resinas compostas comerciais é o Bis-GMA (*bisphenol α -diglycidyl methacrylate*) (figura 16a), introduzido no ramo da Dentisteria, em 1962, por Bowen. Devido à sua viscosidade é associado a outros dimetacrilatos, como o TEGDMA (*triethylene glycol dimethacrylate*)

(figura 16b), UDMA (*urethane dimethacrylate*), Bis-EMA (*ethoxylated bisphenol α -glycol dimethacrylate*) ou outros (Ferracane, 2010; Guiraldo et al., 2010; Albuquerque, Moreira, Moraes, Cavalcante e Schneider, 2013; Rawls, 2013).



Figuras 16: Composição da matriz orgânica; **a)** Molécula de Bis-GMA; **b)** Molécula de TEGDMA (retirado de Paravina, 2013).

(2) Fotopolimerização

Apesar dos avanços consideráveis das suas propriedades, as resinas compostas actuais continuam a sofrer um grau de conversão inadequado, assim como problemas de adaptação marginal. Uma polimerização inadequada resulta em propriedades físico-mecânicas inferiores. Na verdade, a principal desvantagem relacionada com o uso das resinas compostas é a contração de polimerização e stress induzido pela contração de polimerização ao sistema adesivo e estrutura dentária remanescente. As consequências clínicas desta desvantagem incluem a formação de *cracks* no esmalte e dentina, sensibilidade pós-operatória, descoloração marginal e lesões de cárie secundárias. Estudos recentes incluem ainda propriedades mecânicas inferiores relativamente à estrutura dentária e fracturas (Ozturk, Cobanoglu, Cetin e Gunduz, 2013).

O processo de fotopolimerização das resinas à base de dimetacrilatos (figura 17) inicia-se através de radicais livres que são gerados a partir da excitação de um iniciador fotossensível e através da abertura das ligações duplas dos metacrilatos iniciando-se, assim, uma reacção em cadeia. Esta reacção é geralmente compreendida por três passos: iniciação, propagação e terminação. Os monómeros dimetacrilatos têm a capacidade de se ligar a quatro outras moléculas ou estruturas enquanto que os mono-metacrilatos só se conseguem ligar a duas moléculas adjacentes originando, assim, uma cadeia polimérica linear (Leprince, Palin, Hadis, Devaux e Leloup, 2012).

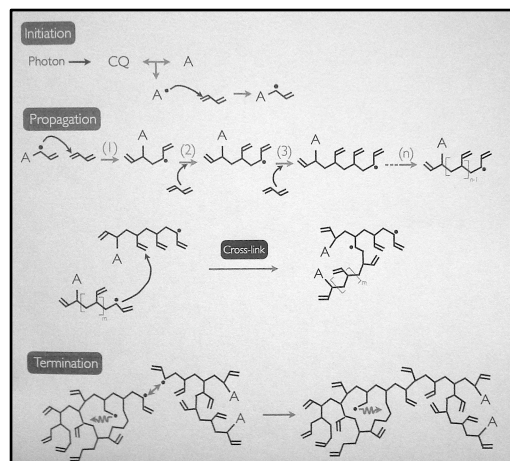


Figura 17: Representação esquemática dos três passos da reacção de fotopolimerização (retirado de Leprince et al, 2012)

Inicialmente, os materiais eram fotoactivados por fontes de luz que emitiam radiação ultravioleta, mas foi rapidamente abandonada esta opção porque havia relatos de danos orais e visuais tanto da parte dos pacientes como dos clínicos. Para além disto, a este tipo de activadores estava associada uma fraca profundidade de polimerização. Como forma de corrigir esta situação, resinas compostas polimerizadas por luz visível foram desenvolvidas (Albuquerque et al., 2013).

Os fotopolimerizadores promovem o endurecimento das resinas compostas através da transmissão de luz, na qual o composto iniciador fotossensível principal é a canforoquinona, que absorve energia quando é exposta à luz visível nos comprimentos de onda entre os 400 e os 500 nm (nanómetros) (Queiroz et al., 2010).

Apesar de serem vários os sistemas que promovem a polimerização, a maioria das resinas compostas são activadas pela luz, tanto exclusivamente pela luz como na formulação dual que contém compostos químicos polimerizáveis (Ferracane, 2010).

Para que ocorra a conversão de todo o monómero em polímero durante a reacção de polimerização, as condições ideais são desejadas. No entanto, todos os monómeros dimetacrilatos exibem no fim da polimerização uma grande quantidade de monómeros residuais. O grau de conversão ronda dos 55% aos 75% sob condições de irradiação convencionais (Ozturk et al., 2013).

(3) Classificação segundo o tamanho das partículas

(a) Resinas Macroparticuladas

Foram desenvolvidas em 1970 e são usualmente designadas de resinas tradicionais, convencionais ou macroparticuladas. Continham partículas de grandes dimensões, envolvidas em sílica amorfa e quartzo. Apresentavam um tamanho de partículas que excedia 1 μm (micrómetro), (1 μm a 50 μm), e partículas de preenchimento com diâmetro igual ou superior ao do cabelo humano, cerca de 50 μm , mas o tamanho destas partículas variava de 10 μm a 100 μm . Estes materiais eram mecanicamente bastante fortes, difíceis de polir e de manter uma superfície lisa e regular e, por isso mesmo, estão em desuso (Ferracane, 2010; Rawls, 2013).

(b) Resinas de Partículas Pequenas

Apresentam partículas de quartzo e vidro com diâmetro entre os 0,5 e 3 μm , correspondendo a um volume de 70% a 90% da resina composta. Esta carga é tão elevada ou mais elevada que das resinas macroparticuladas, o que origina uma elevada resistência e dureza, adicionando-lhe o brilho. As partículas podem ser uniformes em diâmetro ou apresentar uma distribuição de diâmetros com partículas pequenas a preencher os espaços entre as partículas grandes, tornando-as mais compactáveis (Denninson, 2008; Rawls, 2013).

(c) Resinas Microparticuladas

Apresentam partículas de resina de tamanho de 5 a 50 μm e partículas inorgânicas de sílica esférica amorfa de reforço com tamanho de 0,01 μm a 0,1 μm . As partículas de reforço representam 30% a 55% de volume ou 35% a 60% de peso das resinas compostas. Eram resinas compostas que permitiam um polimento adequado, mas mecanicamente fracas devido ao baixo conteúdo de partículas de preenchimento (Denninson, 2008; Ferracane, 2010; Rawls, 2013).

(d) Resinas Híbridas

Este grupo de resinas compostas podem conter vários subgrupos, porque a denominação “híbrido” compreende a existência de duas ou mais partículas de tamanhos diferentes (figura 18a). Sendo assim, estas resinas contém tanto partículas microfinas, de tamanho de 0,01µm a 0,1µm como partículas finas de 0,1 a 10 µm. As partículas de preenchimento têm um tamanho médio de 0,4 a 1,0 µm e correspondem a um volume de 60% a 65% (Denninson, 2008; Rawls, 2013).

Estas resinas compostas apresentam um elevado módulo de elasticidade e resistência ao desgaste, semelhante às nanoparticuladas, mas superior às microhíbridas (Baratieri et al., 2007).

Recentemente surgiram novas resinas compostas híbridas que apresentam partículas de preenchimento pré-polimerizadas e com propriedades diferentes das híbridas tradicionais (Blackham, Vandewalle & Lien, 2009).

(e) Resinas Microhíbridas

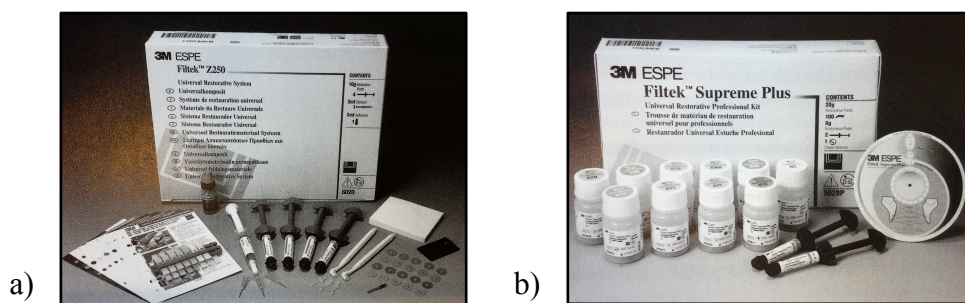
Estas resinas compostas contêm uma combinação de micropartículas e partículas ultrafinas de vidro e são assim denominadas por causa da reduzida dimensão das partículas de preenchimento. São comercializadas para todo o tipo de restaurações de dentes anteriores e posteriores, oferecendo uma boa estética e boa resistência ao desgaste (Denninson, 2008).

O tamanho médio das partículas de reforço é de 0,01 a 0,1 µm. Tanto as microhíbridas como as nanoparticuladas oferecem uma superfície de elevado polimento e de longa duração que é difícil de obter com as resinas híbridas. Em contraste com as resinas híbridas, a maioria das resinas microparticuladas e nanoparticuladas não apresentam fluorescência (Baratieri et al., 2007).

(f) Resinas Nanoparticuladas

São resinas compostas microhíbridas mas com partículas de menores dimensões preparadas através da nanotecnologia (figura 18b). Partículas nanométricas variam de 20 a 75nm. Podem ser parcialmente fundidas ou sinterizadas em pequenos

nanoclusters. O tamanho médio das partículas é de 0,02 μ m para as partículas de preenchimento e 60nm a 1,4 μ m para os nanoclusters. Estes materiais tendem a ter uma textura de superfície suave após o polimento e são recomendadas para restaurações anteriores e posteriores (O'Brien, 2008; Baratieri et al., 2007).



Figuras 18: Resinas compostas; **a)** Imagem de uma resina composta híbrida, Filtek™ Z250 da 3M ESPE; **b)** Imagem de uma resina composta nanoparticulada, Filtek™ Supreme Plus da 3M ESPE (retirado de Denninson, 2008).

III. Objectivos e Hipóteses de estudo

➤ Objectivos:

1. Avaliar a fluorescência de duas resinas compostas de diferentes composições recorrendo a um aparelho medidor de fluorescência.
2. Comparar as alterações da fluorescência das duas resinas compostas de diferentes composições após imersão em soluções pigmentantes.

➤ Hipóteses de estudo:

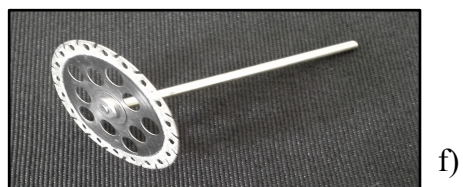
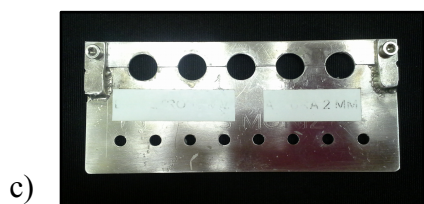
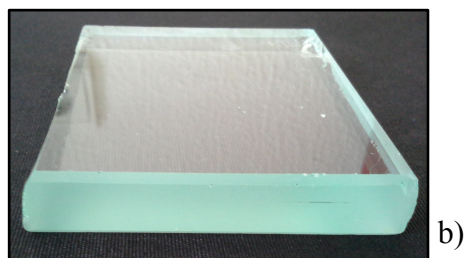
1. Hipótese Nula: Não se verificam alterações da fluorescência das resinas compostas após a imersão nas várias soluções pigmentantes.
2. Hipótese Alternativa: Verificam-se alterações da fluorescência das resinas compostas após a imersão nas várias soluções pigmentantes.

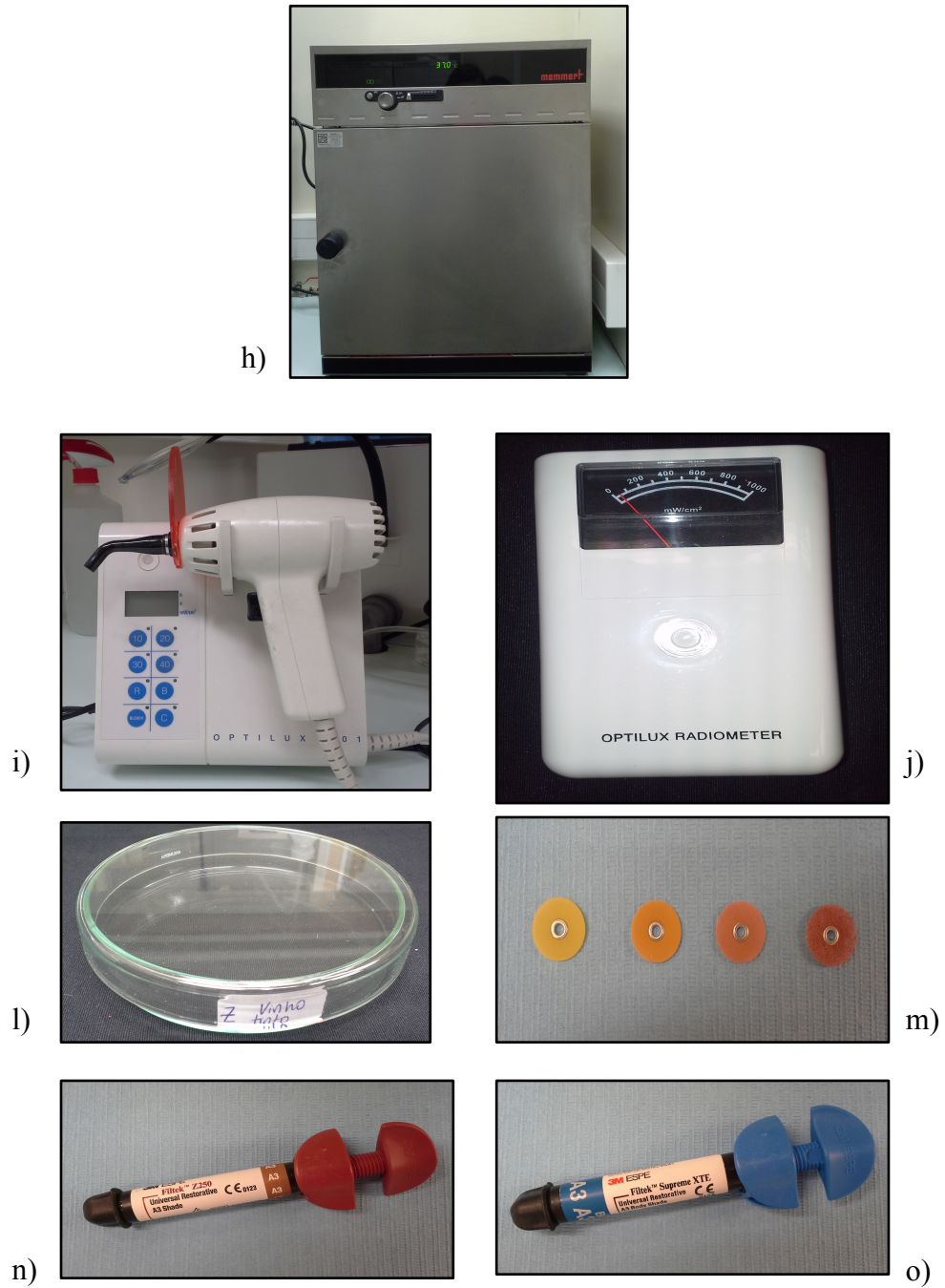
IV. Materiais e Métodos

1) Materiais utilizados:

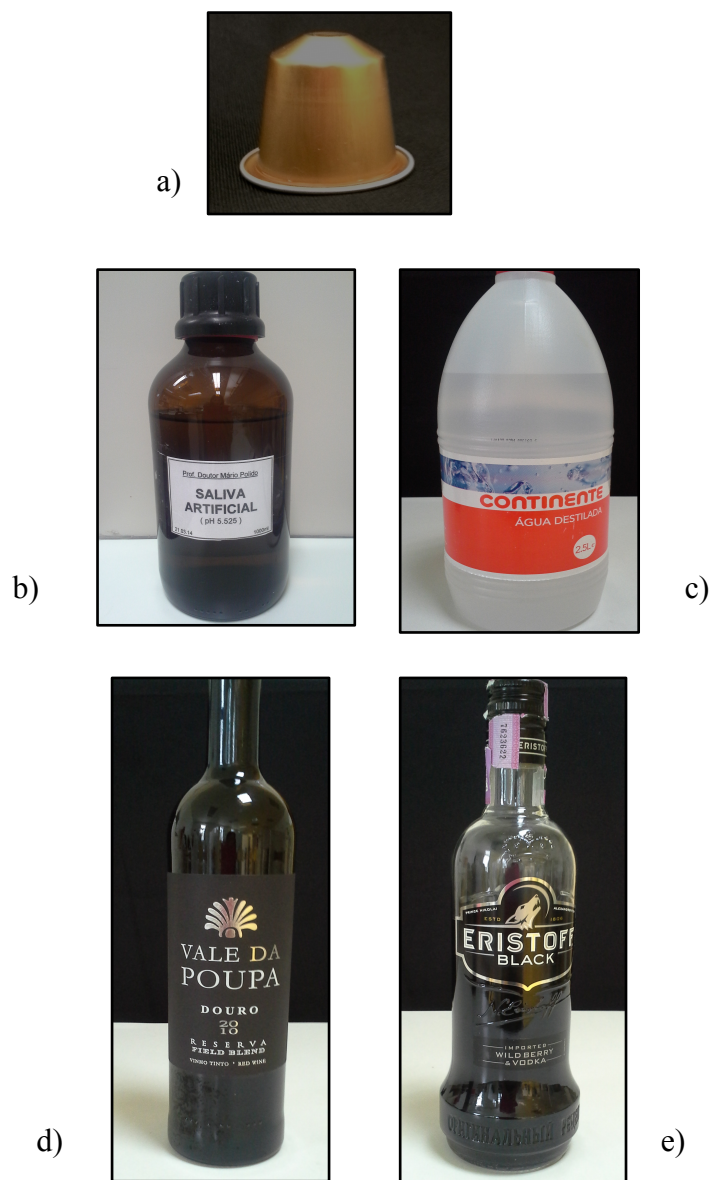
1. Espátula reta (Asa Dental – Bozzano, Italy)
2. Espátula angulada (Asa Dental – Bozzano, Italy)
3. Placa de vidro de mistura
4. Matriz metálica com 5 fendas em forma de disco com 10 mm de diâmetro e 2 mm de espessura
5. 2 Folhas de acetato
6. Peça de mão *DPS Line M4* (KMD – Bilbao, Spain)
7. Contra-ângulo *DPS Line M4* (KMD – Bilbao, Spain)
8. Disco metálico (Asa Dental – Bozzano, Italy)
9. Mandril (3M ESPE – Minnesota, USA)
10. Estufa de incubação (Memmert INE 400, Memmert, Germany)
11. Fotopolimerizador *Optilux 501* (Kerr – Middleton, USA)
12. Radiômetro *Model 100 Curing* (Demetron Research Corporation – Danbury, USA)
13. 10 recipientes de vidro para armazenamento das amostras
14. Discos de polimento (Sistema Sof-lex – sistema laranja, 3M ESPE)
15. 3 seringas de Filtek™ Z250 A3 (3M ESPE – Minnesota, USA), Lote: N534462 (ver anexo 2)
16. 4 seringas de Filtek™ Supreme XTE A3B (3M ESPE – Minnesota, USA), Lote: N533175 (ver anexo 3)
17. Espectrofluorímetro
18. Saliva artificial com pH=5,525 (ver anexo 1)
19. Água destilada “Continente”. Lote 1012002510001424
20. 2 cápsulas de Café *Nespresso*, “Volluto” (Nespresso-Lausanne, Switzerland), Lote: 194000076
21. *Black vodka Eristoff Black* (Ingredientes: vodka (52,2%), água, açúcar, sabores de frutos silvestres, ácido cítrico, citrate de sódio, corantes E150d, E151 e E131). Lote 13352ZB11437

22. Vinho tinto “Vale da Poupa Douro” Ano 2010 (Quinta da Faísca, Favaios, Portugal); Castas: Touriga Franca (30%), Tinta Roriz (30%), Tinta Barroca (20%) e Touriga Nacional (20%). Lote 0710





Figuras 19: Imagem dos materiais utilizados; **a)** Espátula reta e angulada; **b)** Placa de vidro; **c)** Matriz metálica; **d)** Peça de mão; **e)** Contra-ângulo; **f)** Disco metálico; **g)** Mandril; **h)** Estufa de incubação; **i)** Fotopolimerizador; **j)** Radiômetro; **l)** Recipiente de armazenamento; **m)** Discos de polimento **n)** Filtek™ Z250 A3 3M ESPE; **o)** Filtek™ Supreme XTE A3B 3M ESPE.



Figuras 20: Imagem representativa das soluções pigmentantes utilizadas; **a)** Cápsula de Café *Nespresso*, “Volluto”; **b)** Saliva artificial (pH=5,525); **c)** Água destilada “Continente”; **d)** Vinho tinto “Vale da Poupá Douro” **e)** *Black Vodka Eristoff Black* .

(1) Códigos dos espécimes

	Ausência de fluido pigmentante (O)
Filtek™ Z250 (Z)	ZO
Filtek™ Supreme XTE (X)	XO

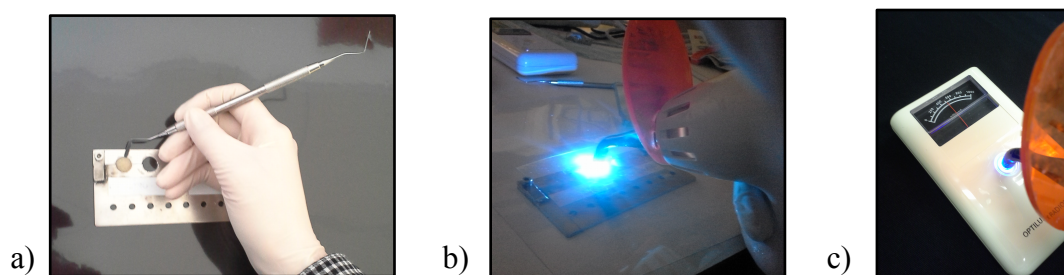
Tabela 1: Código dos espécimes segundo o tipo de resina na ausência de solução pigmentante.

	Água destilada (A)	Vinho tinto (V)	Café (C)	“Black vodka” (B)
Filtek™ Z250 (Z)	ZA	ZV	ZC	ZB
Filtek™ Supreme XTE (X)	XA	XV	XC	XB

Tabela 2: Código dos espécimes segundo o tipo de resina, no respectivo meio de imersão.

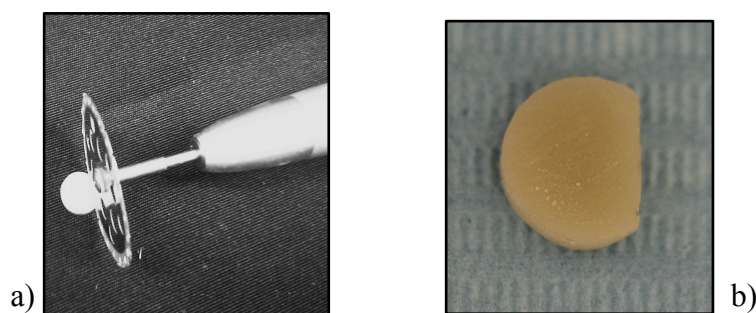
2) Métodos:

Foram confeccionados 10 discos, 5 de cada resina composta (figuras 19n e 19o) através de uma matriz metálica (figura 19c) com 10 mm de diâmetro e 2 mm de espessura (figura 21a), com o auxílio de duas espátulas, angulada e reta (figura 19a), uma placa de vidro de mistura (figura 19b) e duas folhas de acetato. Cada disco foi fotopolimerizado, durante 40 segundos, de acordo com o tempo indicado nas instruções do fabricante com o fotopolimerizador *Optilux 501* (Kerr – Middleton, USA), (figura 19i), a uma intensidade igual ou superior a 400 mW/cm² (figura 21b). A intensidade de fotopolimerização foi medida, ao fim de 5 utilizações, com o radiômetro *Model 100 Curing* (Demetron Research Corporation – Danbury, USA) (figuras 19j e 21c).



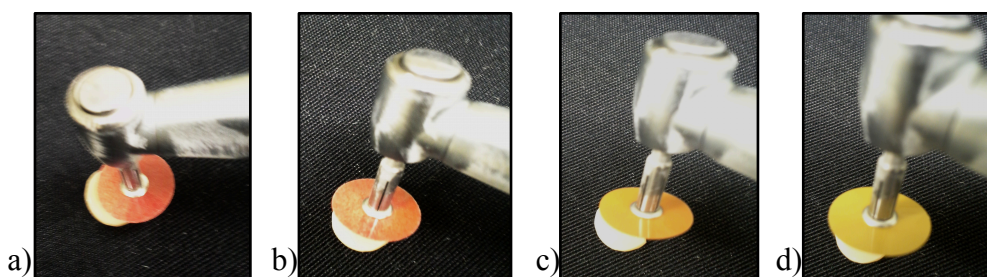
Figuras 21: Confeção dos discos de resina composta e fotopolimerização; **a)** Imagem representativa da confecção de um disco a partir da matriz metálica; **b)** Imagem representativa da fotopolimerização com o fotopolimerizador *Optilux 501* (Kerr – Middleton, USA); **c)** Imagem representativa da medição da intensidade da fotopolimerização com o radiômetro *Model 100 Curing* (Demetron Research Corporation – Danbury, USA).

Foi realizado um corte (figura 22a) de 2 mm no diâmetro de cada disco com o disco metálico (figura 19f) e a peça de mão (figura 19d), de forma a que cada disco fique com 8 mm de diâmetro e 2 mm de espessura (figura 22b).



Figuras 22: Corte dos discos de resina composta; **a)** Imagem representativa do corte de 2 mm com um disco metálico; **b)** Imagem de um disco após o corte de 2 mm com o disco metálico.

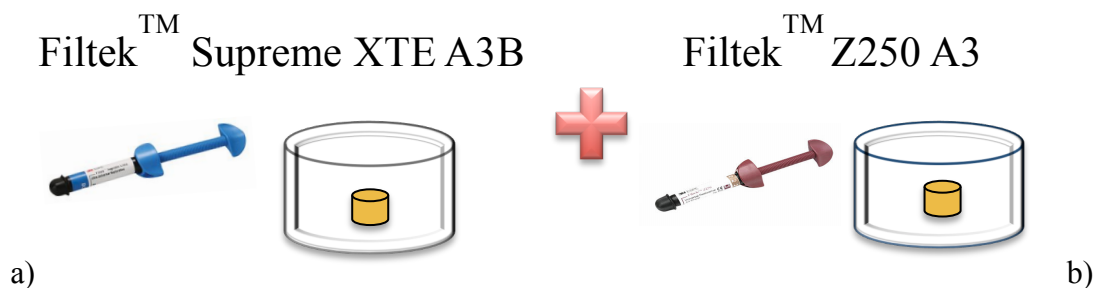
Seguidamente, foi realizado o polimento dos 10 discos de resina composta com os discos de polimento Sof Lex do sistema laranja da 3M ESPE (figura 19m) do grão mais Grosso ao Superfino (figuras 23a-d), com o contra-ângulo (figura 19e) e mandril (figura 19g), sendo cada disco polido apenas uma vez com cada tipo de grão.



Figuras 23: Discos de polimento Sof Lex do sistema laranja (3M ESPE); **a)** Imagem representativa do polimento com um disco Sof Lex (3M ESPE) de grão grosso; **b)** Imagem representativa do polimento com um disco Sof Lex (3M ESPE) de grão médio; **c)** Imagem representativa do polimento com um disco Sof Lex (3M ESPE) de grão fino; **d)** Imagem representativa do polimento com um disco Sof Lex (3M ESPE) de grão superfino.

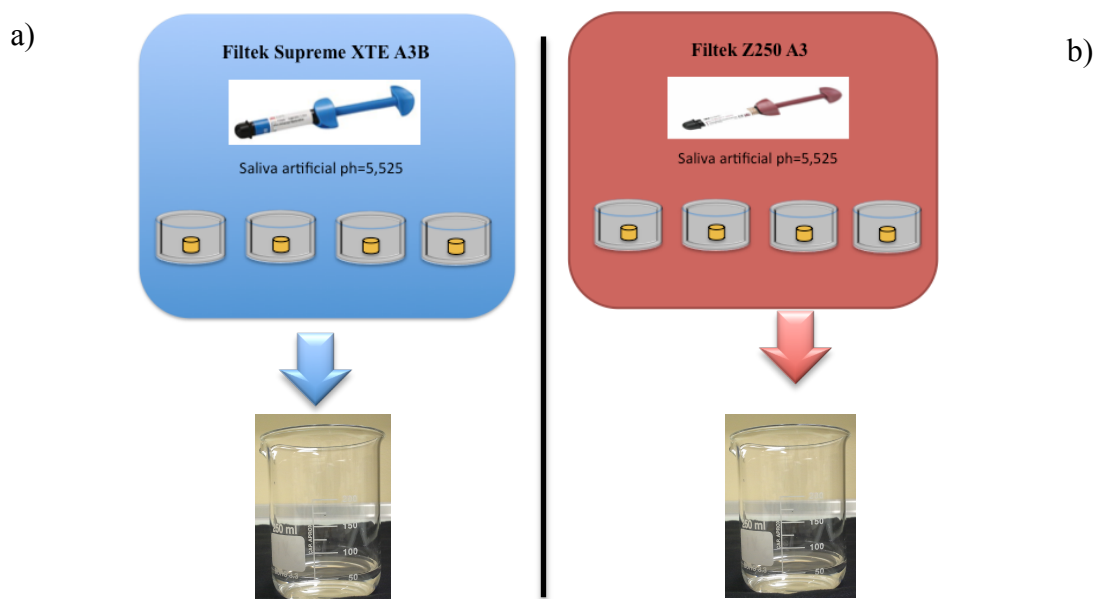
Dos 10 discos, 1 de cada resina composta não foi sujeito à imersão em soluções pigmentantes, com o objectivo de se avaliar a intensidade inicial da fluorescência.

Cada disco de resina composta foi armazenado em dispositivos de armazenamento próprios (figura 19l).



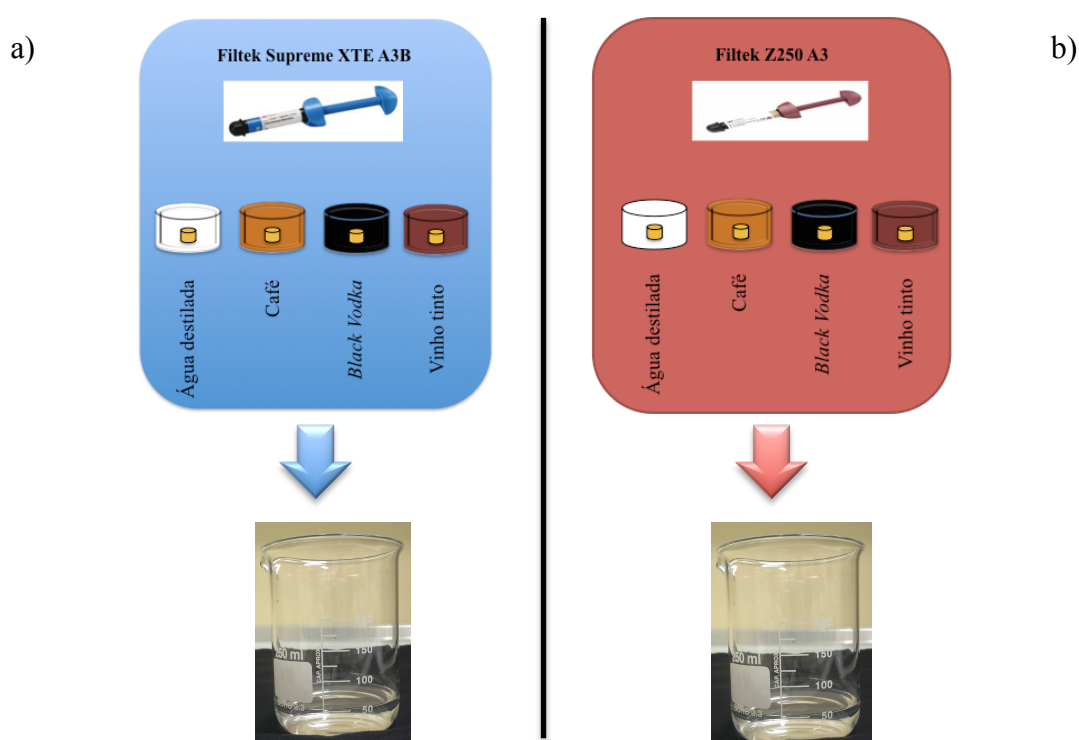
Figuras 24: Discos não sujeitos a imersão em soluções pigmentantes; **a)** Imagem representativa de um disco de Filtek™ Supreme XTE A3B (3M ESPE) não sujeito a imersão; **b)** Imagem representativa de um disco de Filtek™ Z50 A3 (3M ESPE) não sujeito a imersão.

Os restantes 8 discos foram imersos em Saliva artificial de pH=5,525 (Fusayama, 1963), durante 24 horas (Queiroz et al, 2009; Yu & Lee, 2013) a $37^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ na estufa de incubação (Memmert INE 400, Memmert, Germany), (figura 19h). Após a imersão em Saliva artificial, foram lavados com 50 ml de água destilada “Continente” (figuras 25a e 25b) e retirados os excessos de água com folhas de papel.



Figuras 25: Colocação dos discos em Saliva artificial e posterior lavagem com Água destilada; **a)** Imagem representativa dos discos de Filtek™ Supreme XTE A3B (3M ESPE) imersos em Saliva artificial (PH=5,525) durante 24 horas numa estufa de incubação a $37^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ e posterior lavagem em 50 ml de Água destilada “Continente”; **b)** Imagem representativa dos discos de Filtek™ Z250 A3 (3M ESPE) imersos em Saliva artificial (pH=5,525) durante 24 horas numa estufa de incubação a $37^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ e posterior lavagem em 50 ml de Água destilada “Continente”.

Seguidamente, os oito discos foram distribuídos pelas soluções pigmentantes: Água destilada “Continente” (figura 20c), Café *Nespresso*, “Volluto” (Nespresso-Lausanne, Switzerland) (figura 20a), *Black vodka Eristoff Black* (figura 20e) e Vinho tinto “Vale da Poupá Douro” Ano 2010 (Quinta da Faísca, Favaio, Portugal) (figura 20d); e foram imersos durante 72 horas a $37^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ na estufa de incubação (Memmert INE 400, Memmert, Germany). Após a imersão foram lavados com 50ml de Água destilada “Continente” (figura 20c) e foram removidos os excessos de água com folhas de papel (figuras 26a e 26b).



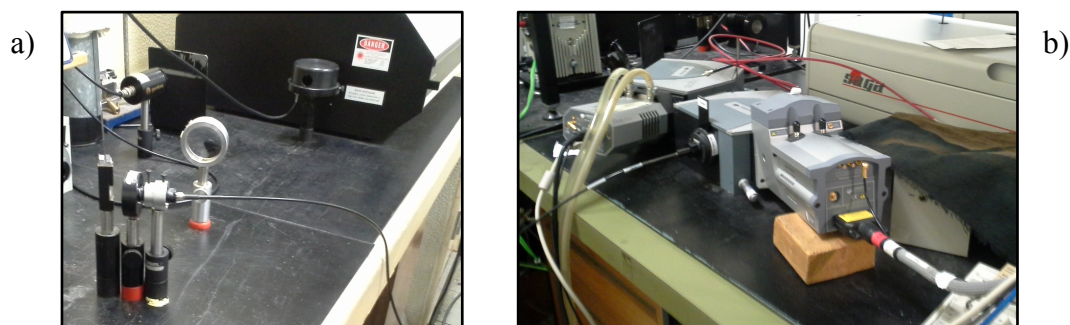
Figuras 26: Colocação dos discos nas respectivas soluções pigmentantes e posterior lavagem com Água destilada; **a)** Imagem representativa dos discos de FiltekTM Supreme XTE A3B (3M ESPE) imersos nas respectivas soluções pigmentantes: Água destilada “Continente”, Café *Nespresso* “Volluto”, *Black Vodka* e Vinho tinto “Vale da Poupá Douro” durante 72 horas na estufa de incubação a $37^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ e posterior lavagem em 50 ml de Água destilada “Continente”; **b)** Imagem representativa dos discos de FiltekTM Z250 A3 (3M ESPE) imersos nas respectivas soluções pigmentantes: Água destilada “Continente”, Café *Nespresso* “Volluto”, *Black Vodka* e Vinho tinto “Vale da Poupá Douro” durante 72 horas na estufa de incubação a $37^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ e posterior lavagem em 50 ml de Água destilada “Continente”;

Por fim, procedeu-se à leitura dos espectros de fluorescência dos discos de resina composta com recurso ao Espectrofluorímetro existente no Instituto Superior Técnico (figura 27a) que mede, através de uma análise qualitativa, a intensidade de fluorescência de uma amostra sólida opaca quando esta sofre excitação por um pulso de laser de Nitrogénio único a 337.1 nm. Para a realização da leitura foi necessária a colocação do disco de resina composta numa célula de leitura de amostras cuja localização específica permitia a incidência do laser de nitrogénio no centro do disco.

(1) Fluorescência induzida por laser

O estudo da fotoquímica de moléculas orgânicas incluídas em nanocavidades tem sido alvo de atenção nas duas últimas décadas. Com o propósito de se obter mais informação relativamente aos processos fotoquímicos em ambientes heterogêneos (amostras opacas e pulverizadas), um considerável esforço científico tem sido feito através de estudos espectroscópicos e cinéticos de moléculas orgânicas adsorvidas em diferentes substratos sólidos através da fluorescência induzida por laser (Ferreira e Machado, 2007).

Fontes de excitação laser, monocromáticas e de alta fluência, com sistemas de matriz de díodos acoplados são, atualmente, uma forma muito rigorosa de fazer estudos de fluorescência (figuras 27a e 27b). É obrigatória a utilização de geometrias de reflexão nas amostras sólidas. Com um só impulso de laser, consegue-se traçar espectros de fluorescência na gama espectral do UV-Visível-Infravermelhos, ou seja, dos 200 aos 900 nm, através de um detector que possui uma matriz de díodos (512x128 *pixels*). Com um único pulso de laser, um espectro de fluorescência pode ser obtido imediatamente. O Fotodíodo rápido é responsável por detectar o momento zero. O pulso de laser pode ser atrasado através de uma fibra óptica associada ao ICCD (*intensified charge-coupled device*) e à unidade de atraso (figura 28). Dependendo da intensidade do sinal, as leituras do ICCD podem ser intensificadas ou não (Ferreira, 1999; do Rego e Ferreira, 2001).



Figuras 27: Espectrofluorímetro do Instituto Superior Técnico; **a)** Espectrofluorímetro utilizado na avaliação dos Espectros de Fluorescência, onde se observa a fonte de luz e a célula para a leitura da amostra; **b)** Sensor óptico ICCD Andor modelo i-Star 720 associado à Unidade de atraso.

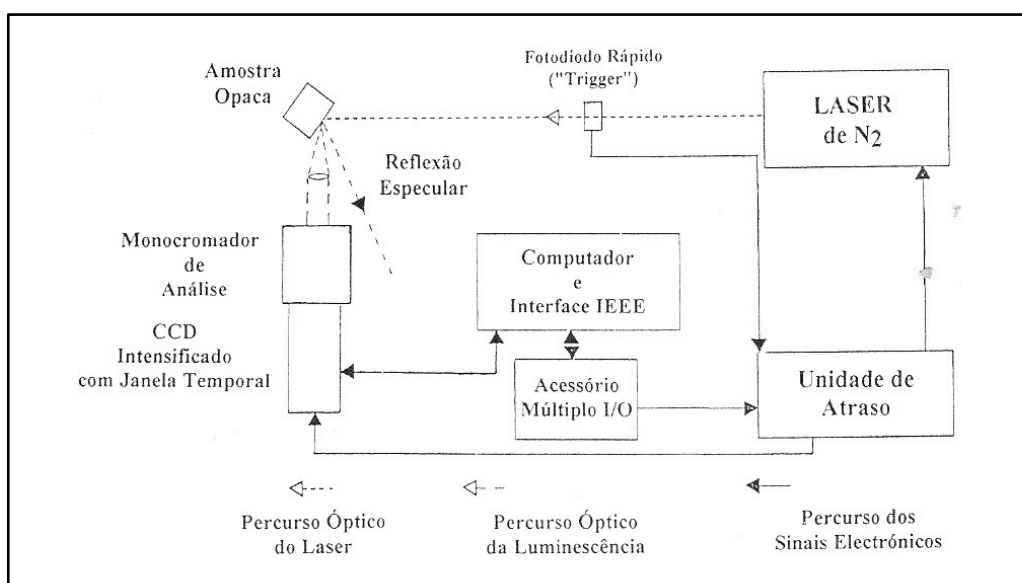


Figura 28: Esquema representativo do sistema de Fluorescência induzida por laser (retirado de Ferreira, 1999).

IV. Resultados

Após a imersão dos oito discos de resina composta nas respectivas soluções pigmentantes, realizou-se a leitura dos Espectros de Fluorescência de todos os discos, através do Espectrofluorímetro existente no Instituto Superior Técnico, a uma temperatura de -5°C. Os espectros são apresentados segundo gráficos de dispersão com linhas suaves. Os gráficos têm como eixos: Comprimento de onda, em nanómetros (nm) *versus* Intensidade de fluorescência, em unidades arbitrárias (u.a.).

- Análise Espectral de Filtek™ Z250 A3 (3M ESPE – Minnesota, USA) na ausência de solução pigmentante – ZO

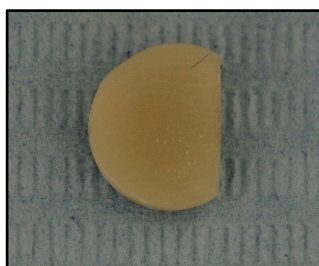


Figura 29: Imagem do disco de ZO

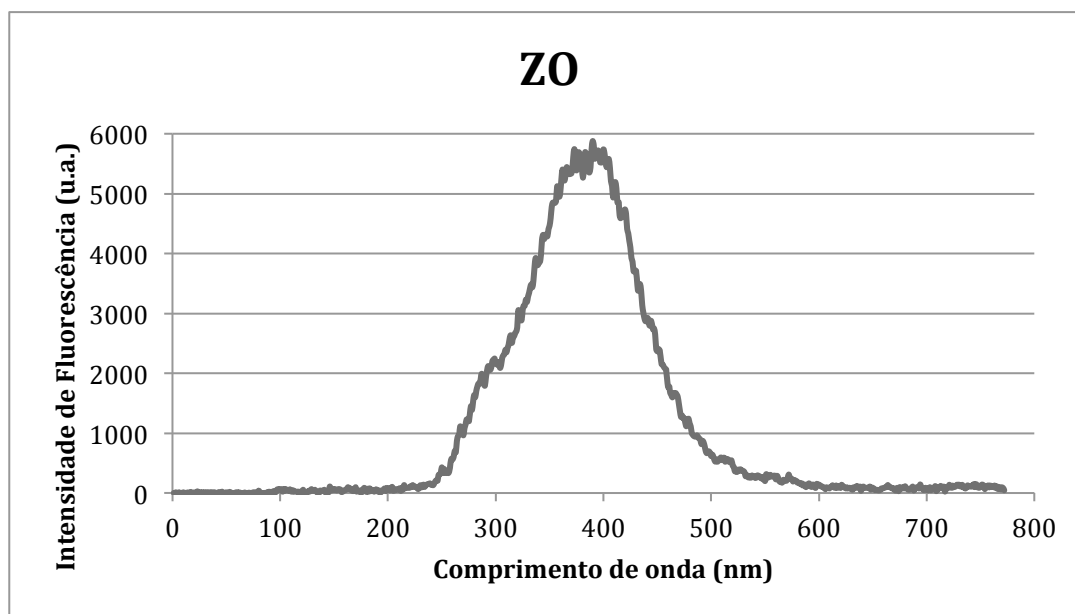


Figura 30: Espectro de Fluorescência do Filtek™ Z250 A3 (3M ESPE – Minnesota, USA) na ausência de solução pigmentante (ZO).

	Comprimento de onda (nm)	Intensidade de Fluorescência (u.a.)
Pico máximo	390	5878

Tabela 3: Tabela do pico máximo do ZO: Filtek™ Z250 A3 na ausência de imersão em soluções pigmentantes.

- Análise Espectral de Filtek™ Supreme XTE A3B (3M ESPE – Minnesota, USA) na ausência de solução pigmentante – XO



Figura 31: Imagem do disco de XO

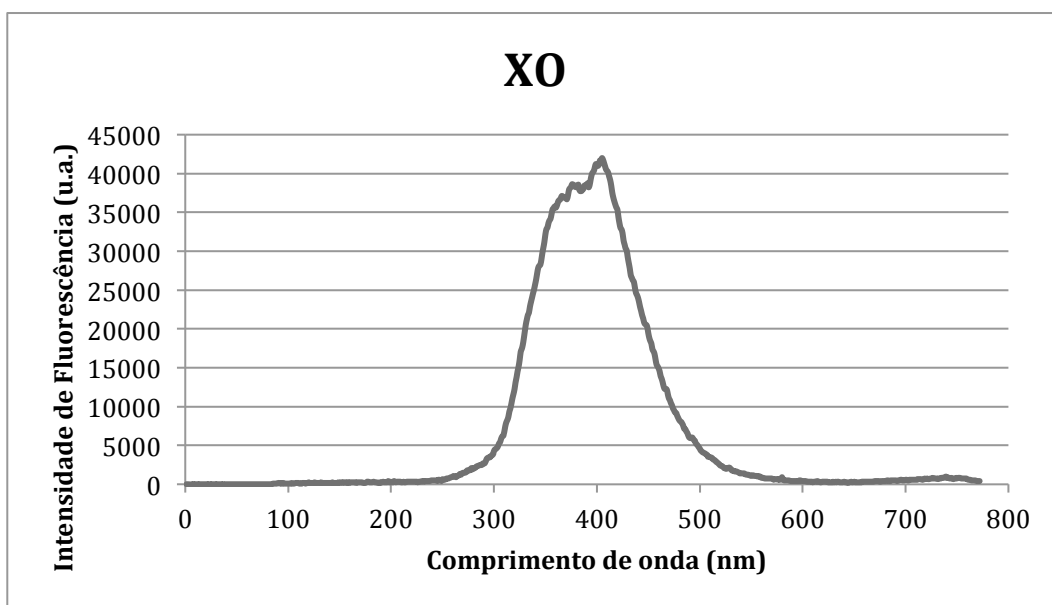


Figura 32: Espectro de Fluorescência do Filtek™ Supreme XTE A3B (3M ESPE – Minnesota, USA) na ausência de solução pigmentante (XO).

	Comprimento de onda (nm)	Intensidade de Fluorescência (u.a.)
Pico máximo	405	41.985

Tabela 4: Tabela do pico máximo do XO: Filtek™ Supreme A3B na ausência de imersão em soluções pigmentantes.

Após a análise dos gráficos das figuras 30 e 32 observa-se, de imediato, que as intensidades de Fluorescência emitidas pelo Filtek™ Supreme XTE A3B (figura 31) são bastante elevadas comparativamente com as do Filtek™ Z250 A3 (figura 29). O pico máximo para o Filtek™ Z250 A3 (ZO) é de, aproximadamente, 5.878 u.a aos 390 nm (tabela 3), enquanto que, para o Filtek™ Supreme XTE A3B (XO) é de, aproximadamente, 41.985 u.a aos 405 nm (tabela 4), ambos na zona de transição entre a radiação ultravioleta e a radiação visível do espectro electromagnético.

- Análise Espectral de Filtek™ Z250 A3 (3M ESPE – Minnesota, USA) após imersão em Saliva artificial (pH=5,525) e Água destilada “Continente” – ZA



Figura 33: Imagem do disco de ZA

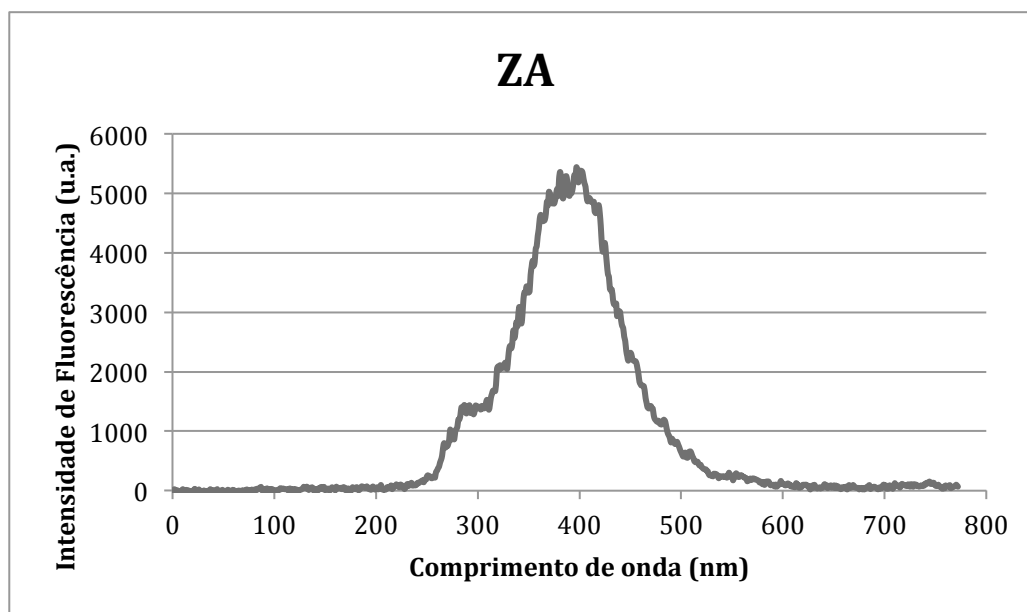


Figura 34: Espectro de Fluorescência do Filtek™ Z250 A3 (3M ESPE – Minnesota, USA) após a imersão em Saliva artificial e a Água destilada (ZA).

	Comprimento de onda (nm)	Intensidade de Fluorescência (u.a.)
Pico máximo	399	5183

Tabela 5: Tabela do pico máximo do ZA: Filtek™ Z250 A3 após a imersão em Saliva artificial e Água destilada.

Após a imersão em Saliva artificial e Água destilada “Continente” (ZA) do Filtek™ Z250 A3 (3M-ESPE) (figura 33), verificou-se uma queda da intensidade máxima emitida por esta resina composta (figura 34). A intensidade máxima do Filtek™ Z250 A3 na ausência de solução (ZO) é de 5878 u.a. aos 390 nm e, após a imersão (ZA), diminuiu para 5183 u.a. aos 399 nm (tabela 5). Sendo assim, a água destilada provoca alterações de fluorescência neste compósito, embora pouco acentuadas: ZA emite -11,82% da intensidade emitida por ZO (tabela 9). Os comprimentos de onda da

radiação emitida por ZO e ZA são relativamente semelhantes, ambos na transição entre a radiação ultravioleta e a zona visível do espectro electromagnético.

- Análise Espectral de Filtek™ Z250 A3 (3M ESPE – Minnesota, USA) após a imersão com Saliva artificial (pH=5,525) e Café Nespresso “Volluto” – ZC

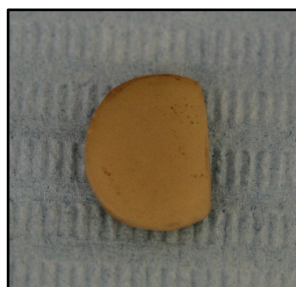


Figura 35: Imagem do disco de ZC

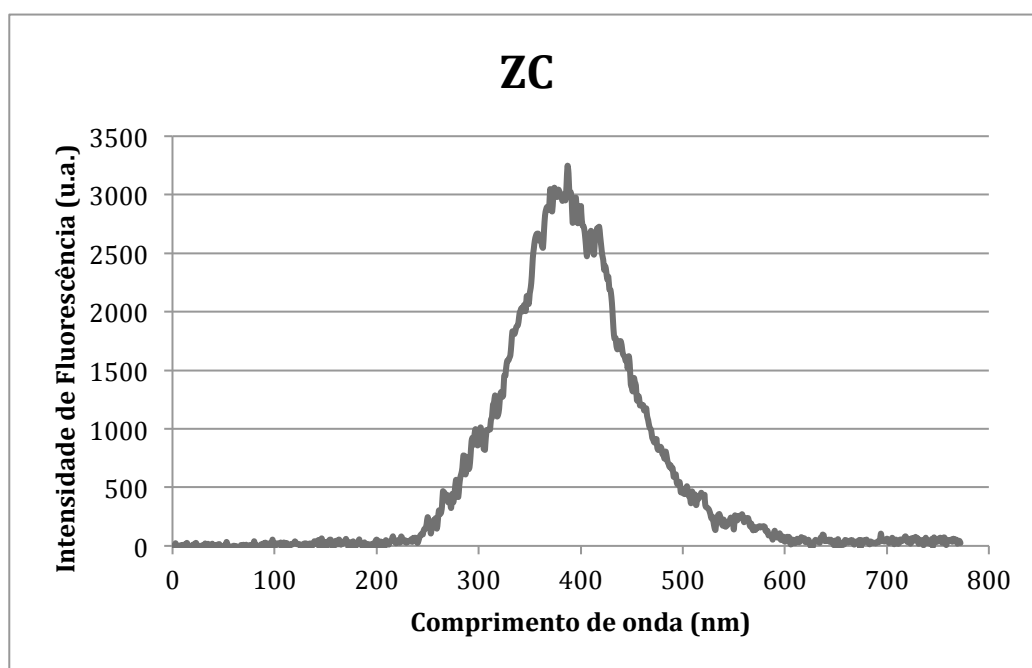


Figura 36: Espectro de Fluorescência do Filtek™ Z250 A3 (3M ESPE – Minnesota, USA) após a imersão em Saliva artificial e a Café Nespresso (ZC)

	Comprimento de onda (nm)	Intensidade de Fluorescência (u.a.)
Pico máximo	387	3246

Tabela 6: Tabela do pico máximo do ZC: Filtek™ Z250 A3 após a imersão em Saliva artificial e Café Nespresso.

Após a imersão do Filtek™ Z250 A3 (3M-ESPE) em Saliva artificial e Café Nespresso “Volluto” (ZC) (figura 35), houve diminuição da intensidade de fluorescência emitida pelo disco de resina composta (figura 36). O pico máximo do ZC é de 3246 u.a. aos 387 nm (tabela 6), enquanto que do ZO é de 5878 u.a. aos 390 nm. Sendo assim, o café provoca uma diminuição de 44,78% da intensidade de fluorescência quando comparado com ZO (tabela 9). O comprimento de onda correspondente ao pico máximo de ZC encontra-se na transição entre a radiação ultravioleta e a zona visível do espectro electromagnético.

Fazendo uma comparação das alterações da intensidade de fluorescência do Filtek™ Z250 A3 até agora estudadas, após a imersão em água destilada (ZA) e em Café (ZC), verifica-se que, das duas, o café é a solução pigmentante que provoca uma diminuição mais acentuada da intensidade de fluorescência (figura 41).

- Análise Espectral de Filtek™ Z250 A3 (3M ESPE – Minnesota, USA) após a imersão com Saliva artificial (pH=5,525) e Black Vodka Eristoff Black – ZB



Figura 37: Imagem do disco de ZB

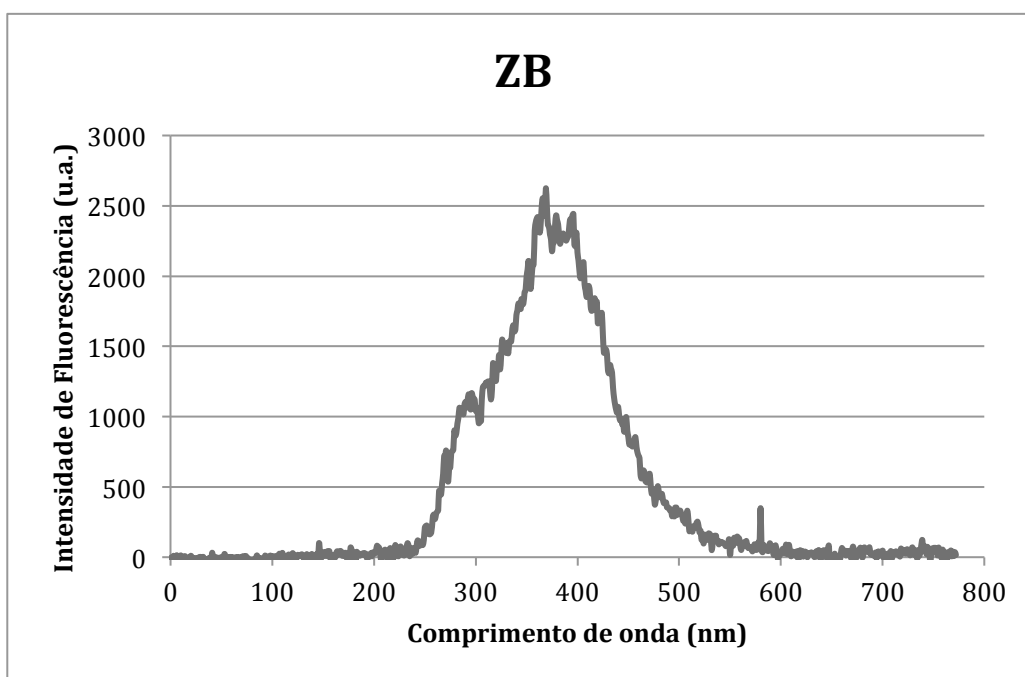


Figura 38: Espectro de Fluorescência do Filtek™ Z250 A3 (3M ESPE – Minnesota, USA) após a imersão em Saliva artificial e *Black Vodka Eristoff Black* (ZB).

	Comprimento de onda (nm)	Intensidade de Fluorescência (u.a.)
Pico máximo	369	2625

Tabela 7: Tabela do pico máximo do ZB: Filtek™ Z250 A3 após a imersão em Saliva artificial e *Black Vodka Eristoff Black*.

Após a imersão do Filtek™ Z250 A3 (3M-ESPE) em Saliva artificial e *Black Vodka Eristoff Black* (ZB) (figura 37), podemos verificar que houve alterações da intensidade de fluorescência emitida pelo ZB quando comparado com o ZO (figura 38). O pico máximo de ZB é de 2625 u.a. aos 369 nm (tabela 7) enquanto que para o ZO é de 5878 u.a. aos 390 nm. Sendo assim, a ação da solução pigmentante *Black Vodka* (ZB) provocou uma queda de 55,34% da intensidade emitida pelo Filtek™ Z250 A3 quando comparado com ZO (tabela 9). O comprimento de onda do ZB correspondente

ao pico máximo localiza-se na zona ultravioleta do espectro electromagnético, ou seja, não é detectada pelo olho humano.

Fazendo uma comparação das soluções pigmentantes estudadas até agora (figura 41), a solução Black Vodka (ZB) é a que provoca mais alterações da intensidade de fluorescência emitida, seguida do Café (ZC) e, por último, a Água destilada (ZA).

- Análise Espectral de Filtek™ Z250 A3 (3M ESPE – Minnesota, USA) após a imersão com Saliva artificial (pH=5,525) e Vinho tinto “Vale da Poupá Douro” – ZV



Figura 39: Imagem do disco de ZV

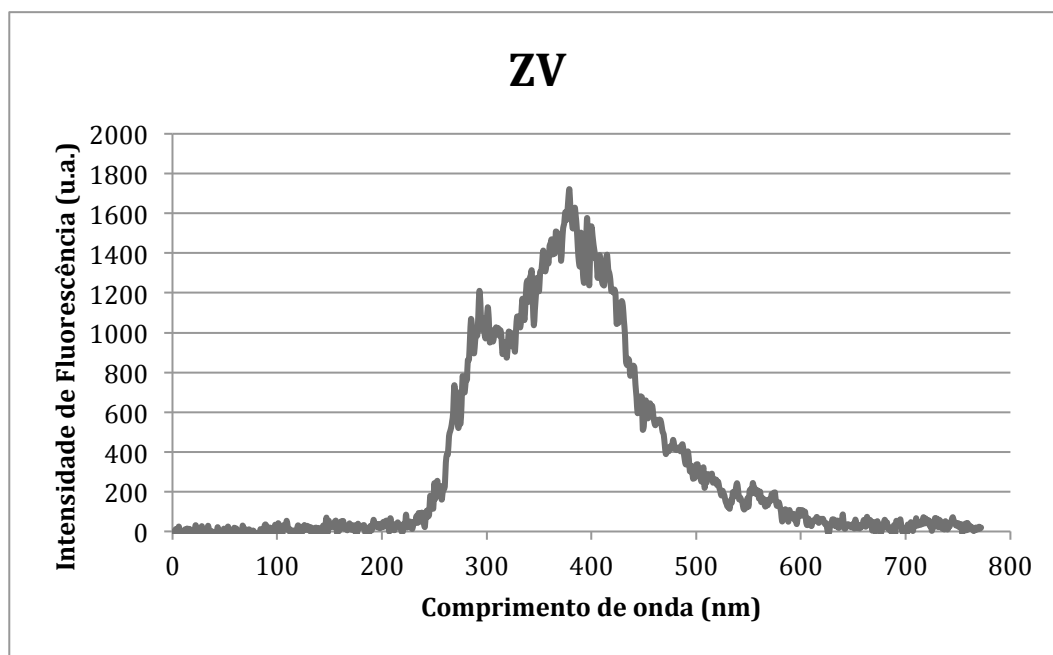


Figura 40: Espectro de Fluorescência do Filtek™ Z250 A3 (3M ESPE – Minnesota, USA) após a imersão em Saliva artificial e a Vinho tinto “Vale da Poupá Douro” (ZV).

	Comprimento de onda (nm)	Intensidade de Fluorescência (u.a.)
Pico máximo	379	1720

Tabela 8: Tabela do pico máximo do ZV: Filtek™ Z250 A3 após a imersão em Saliva artificial e Vinho tinto “Vale da Poupa Douro”.

Após a imersão do Filtek™ Z250 A3 (3M-ESPE) em Saliva artificial e Vinho tinto “Vale da Poupa Douro” (ZV) (figura 39), podemos verificar que houve alterações da intensidade de fluorescência emitida pelo Filtek™ Z250 A3 (figura 40). O pico máximo do ZV é de 1720 u.a. aos 379 nm (tabela 8), enquanto que do ZO é de 5878 aos 390 nm. Esta solução pigmentante provocou uma diminuição de 70,74% da intensidade de fluorescência emitida comparativamente com ZO (tabela 9). O comprimento de onda de emissão do pico máximo é de 379 nm, corresponde à zona da radiação ultravioleta do espectro electromagnético, radiação não detectada pelo olho humano.

Após a análise das quatro soluções pigmentantes: água destilada, café, *black vodka* e vinho tinto, podemos verificar que a solução que menos provocou alterações de fluorescência foi a água destilada (ZA) enquanto que a solução que mais provocou alterações de fluorescência foi o vinho tinto (ZV) (figura 41).

Filtek™ Z250 A3 (Z)	
Água destilada (A)	↓ 11,82%
Café (C)	↓ 44,78%
<i>Black vodka</i> (B)	↓ 55,34%
Vinho tinto (V)	↓ 70,74%

Tabela 9: Tabela de comparação das alterações de Fluorescência provocadas pelas soluções pigmentantes na resina composta Filtek™ Z250 A3 usando como termo de comparação o ZO.

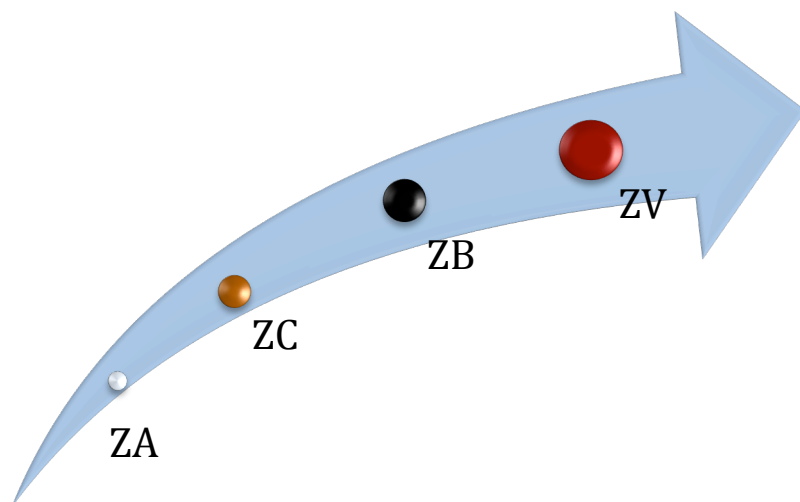


Figura 41: Imagem representativa das alterações da fluorescência das soluções pigmentantes no Filtek™ Z250 A3; da esquerda para a direita, do que provoca menos alterações (ZA) ao que provoca mais alterações (ZV).

- Análise Espectral de Filtek™ Supreme XTE A3B (3M ESPE – Minnesota, USA) após a imersão com Saliva artificial (pH=5,525) e Água destilada “Continente” – XA



Figura 42: Imagem do disco de XA

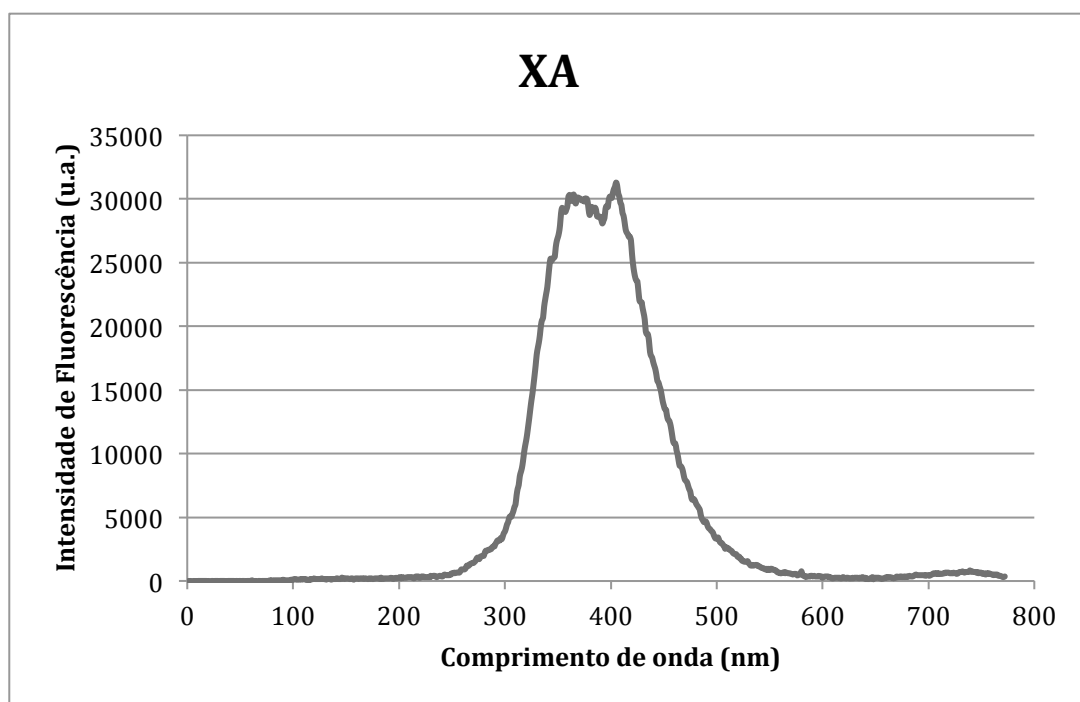


Figura 43: Espectro de Fluorescência do Filtek™ Supreme A3B (3M ESPE – Minnesota, USA) após a imersão em Saliva artificial e a Água destilada (XA).

	Comprimento de onda (nm)	Intensidade de Fluorescência (u.a.)
Pico máximo	407	30.430

Tabela 10: Tabela do pico máximo do XA: Filtek™ Supreme XTE A3B após a imersão em Saliva artificial e Água destilada.

Após a imersão do Filtek™ Supreme XTE A3B em Saliva artificial e Água destilada “Continente” (XA) (figura 42), podemos verificar que houve alterações da intensidade de fluorescência emitida (figura 43) e que, portanto, a água destilada altera a propriedade deste material restaurador. O pico máximo de Fluorescência emitido por XA é de 30.430 u.a. aos 407 nm (tabela 10). Ou seja, houve uma diminuição de 27,52% da intensidade de fluorescência emitida por XA quando comparada com XO (tabela 14).

A zona do espectro electromagnético correspondente ao comprimento de onda do pico máximo é a zona visível, mais precisamente a zona da radiação de cor violeta.

- Análise Espectral de Filtek™ Supreme XTE A3B (3M ESPE – Minnesota, USA) após a imersão com Saliva artificial (pH=5,525) e Café Nespresso “Volluto” – XC

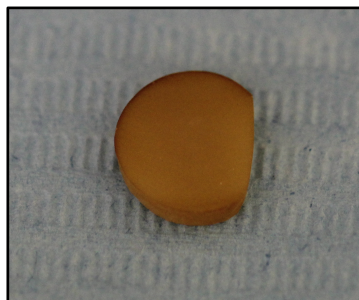


Figura 44: Imagem do disco de XC

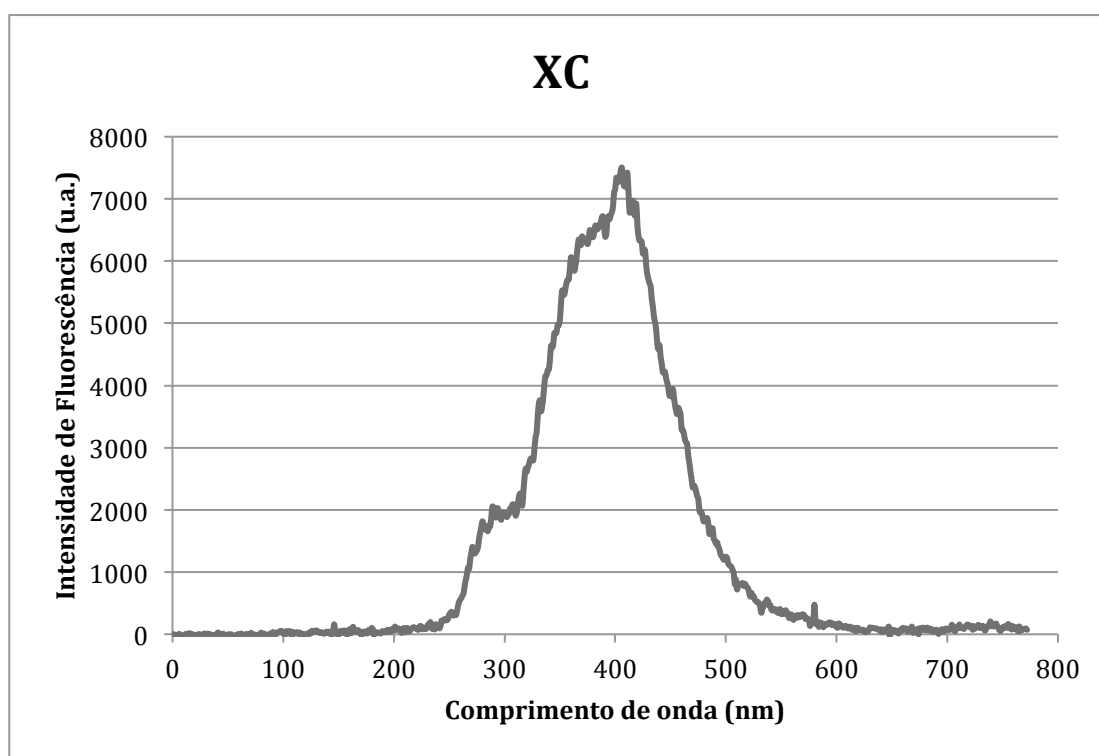


Figura 45: Espectro de Fluorescência do Filtek™ Supreme A3B (3M ESPE – Minnesota, USA) após a imersão em Saliva artificial e a Café Nespresso (XC).

	Comprimento de onda (nm)	Intensidade de Fluorescência (u.a.)
Pico máximo	406	7501

Tabela 11: Tabela do pico máximo do XC: Filtek™ Supreme XTE A3B após a imersão em Saliva artificial e Café *Nespresso*.

Após a imersão do Filtek™ Supreme XTE A3B em Saliva artificial e Café *Nespresso* “Volluto” (XC) (figura 44), podemos verificar que houve alterações da fluorescência emitida por esta resina composta sob a acção desta solução pigmentante (figura 45). O pico máximo de Fluorescência emitido é de 7501 u.a.. aos 406 nm (tabela 11), enquanto que o do XO é de 41985 aos 405 nm. Sendo assim, podemos assumir que houve uma diminuição de 82,13% da intensidade de fluorescência emitida (tabela 14). O comprimento de onda correspondente ao pico máximo encontra-se na zona violeta do espectro visível.

Fazendo uma comparação com a água destilada (XA), o café (XC) foi a solução que provocou uma maior queda da intensidade de fluorescência emitida (figura 50).

- Análise Espectral de Filtek™ Supreme XTE A3B (3M ESPE – Minnesota, USA) após a imersão com Saliva artificial (pH=5,525) e *Black Vodka Eristoff Black* – XB



Figura 46: Imagem do disco de XB

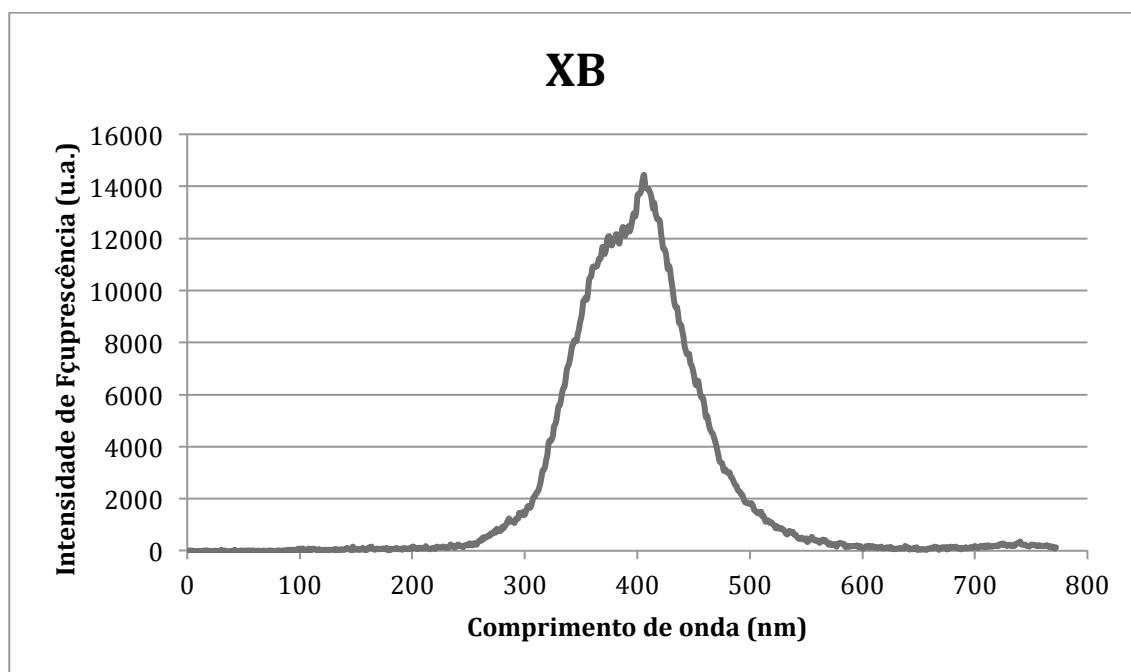


Figura 47: Espectro de Fluorescência do Filtek™ Supreme A3B (3M ESPE – Minnesota, USA) após a imersão em Saliva artificial e a *Black Vodka Eristoff Black* (XB).

	Comprimento de onda (nm)	Intensidade de Fluorescência (u.a.)
Pico máximo	406	14.430

Tabela 12: Tabela do pico máximo do XB: Filtek™ Supreme XTE A3B após a imersão em Saliva artificial e *Black Vodka Eristoff Black*.

Após a imersão do Filtek™ Supreme XTE A3B em Saliva artificial e *Black Vodka Eristoff Black* (XB) (figura 46), podemos verificar que esta solução pigmentante provoca alterações da intensidade de fluorescência emitida por esta resina composta (figura 47). O pico máximo de fluorescência emitido é de 14.430 u.a. aos 406 nm (tabela 12). Sendo assim, podemos assumir que houve uma diminuição de 65,63% da intensidade de fluorescência emitida comparativamente com XO (tabela 14). O comprimento de onda emitido situa-se na zona violeta do espectro electromagnético.

Fazendo a comparação das soluções já descritas, podemos verificar que a que provocou menos alterações foi o XA, seguida do XB e, por último, o XC (figura 50).

- Análise Espectral de Filtek™ Supreme XTE A3B (3M ESPE – Minnesota, USA) após a imersão com Saliva artificial (pH=5,525) e Vinho tinto “Vale da Poupa Douro” – XV

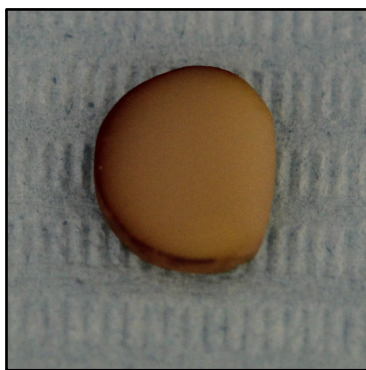


Figura 48: Imagem do disco de XV

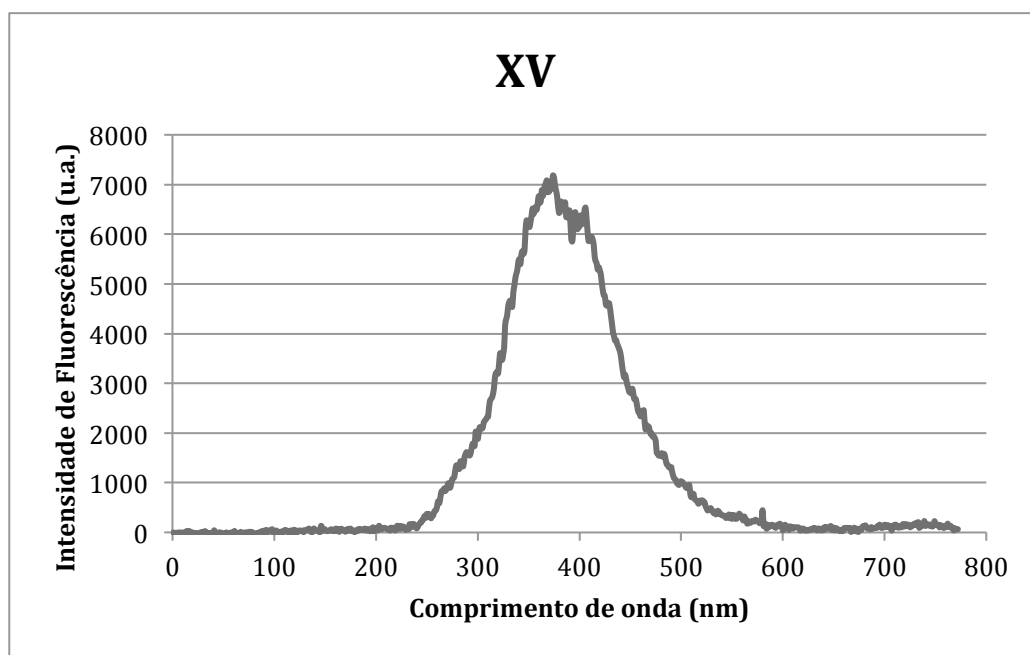


Figura 49: Espectro de Fluorescência do Filtek™ Supreme A3B (3M ESPE – Minnesota, USA) após a imersão em Saliva artificial e a Vinho tinto “Vale da Poupa” (XV).

	Comprimento de onda (nm)	Intensidade de Fluorescência (u.a.)
Pico máximo	374	7.182

Tabela 13: Tabela do pico máximo do XV: Filtek™ Supreme XTE A3B após a imersão em Saliva artificial e Vinho tinto “Vale da Poupá Douro”.

Após a imersão do Filtek™ Supreme XTE A3B em Saliva artificial e Vinho tinto “Vale da Poupá Douro” (XV) (figura 48), podemos verificar que esta solução pigmentante causa variações da intensidade de fluorescência emitida por esta resina composta (figura 49). A intensidade de Fluorescência correspondente ao pico máximo é de 7.182 u.a. aos 374 nm (tabela 13). Situa-se na zona ultravioleta do espectro electromagnético. Sendo assim, podemos afirmar que houve uma diminuição de 82,89% da intensidade de fluorescência emitida por XB relativamente a XO (tabela 14).

É de notar que, para o Filtek™ Supreme XTE A3B a solução pigmentante que provoca menos alterações é a água destilada (XA), seguida do *black vodka* (XB), café (XC) e, por fim, o vinho tinto (XV) (figura 50).





Filtek™ Supreme XTE A3B (X)		
Água destilada (A)		27,52%
Café (C)		82,13%
<i>Black vodka</i> (B)		65,63%
Vinho tinto (V)		82,89%

Tabela 14: Tabela de comparação das alterações de Fluorescência pelas soluções pigmentantes na resina composta Filtek™ Supreme XTE A3B usando como termo de comparação o XO.

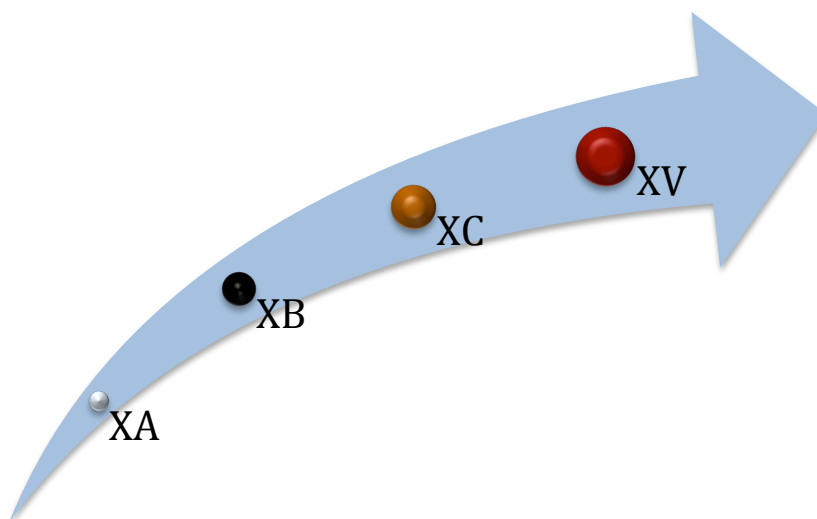


Figura 50: Imagem representativa das alterações da fluorescência das soluções pigmentantes no Filtek™ Supreme A3B; da esquerda para a direita, do que provoca menos alterações (XA) ao que provoca mais alterações (XV).

Após a comparação das alterações de fluorescência observadas para cada resina composta, é relevante fazer-se uma comparação das alterações de fluorescência entre as duas resinas compostas estudadas: Filtek™ Z250 A3 e Filtek™ Supreme XTE A3B. Sendo assim, podemos afirmar que todas as soluções pigmentantes estudadas provocaram um decréscimo das intensidades de fluorescência emitidas pelas resinas compostas Filtek™ Supreme XTE A3B e Filtek™ Z250 A3 (tabela 15 e figura 51).

Solução pigmentante	Filtek™ Z250 A3 (Z)	Filtek™ Supreme XTE A3B (X)
Água destilada (A)	↓ 11,82%	↓ 27,52%
Café (C)	↓ 44,78%	↓ 82,13%
Black vodka (B)	↓ 55,34%	↓ 65,63%
Vinho tinto (V)	↓ 70,74%	↓ 82,89%

Tabela 15: Tabela de comparação das alterações de Fluorescência pelas soluções pigmentantes nas duas resinas composta: Filtek™ Z250 A3 Filtek™ Supreme XTE A3B usando como termo de comparação, respectivamente, ZO e XO.

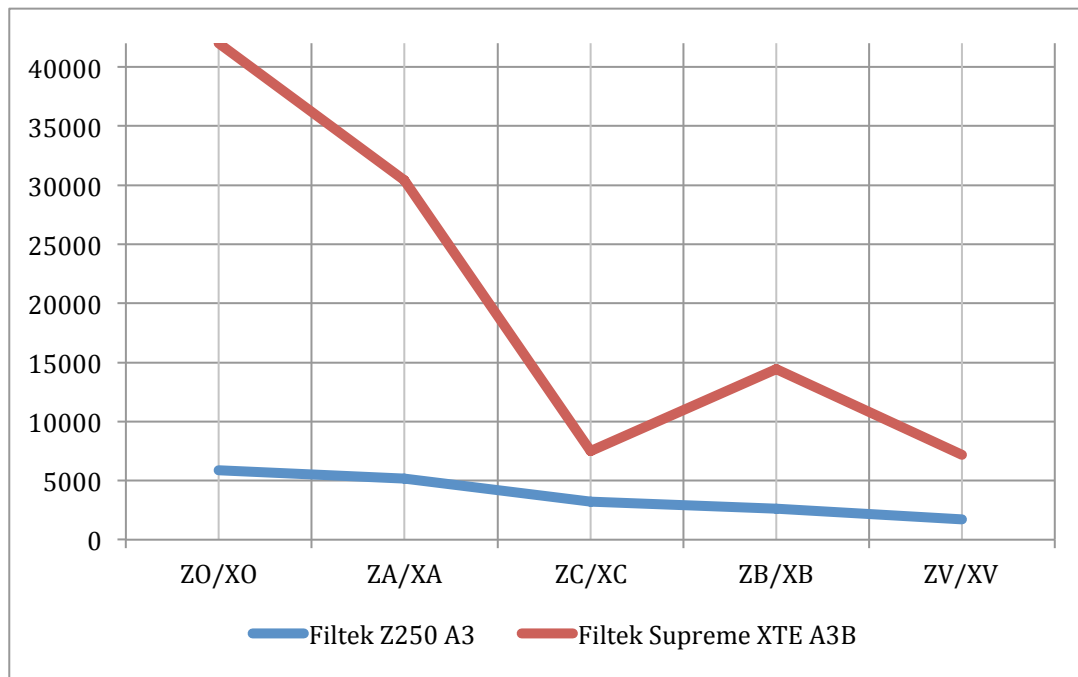


Figura 51: Gráfico que compara as alterações provocadas pelas soluções pigmentantes nas duas resinas compostas.

V. Discussão

A Fluorescência como propriedade óptica tem sido exaustivamente estudada pela comunidade científica desde algumas décadas atrás, com os estudos de Frazier P.D. et al, em 1967 (Frazier, Engen & Scamack, 1967; Neves, 2010).

Segundo Queiroz et al. (2010), o estudo das propriedades fluorescentes dos materiais dentários torna-se necessário quando surgem comerciantes de resinas compostas a afirmar que os seus produtos apresentam propriedades fluorescentes que acentuam o chamado de *masking effect*. O mais importante não é que uma resina composta apresente uma elevada fluorescência, mas sim uma fluorescência que seja compatível com a fluorescência natural do esmalte e da dentina, cerca de 480 nm, dependendo do comprimento de onda de excitação (Zhang, Nelson & Seibel, 2011). Perante a análise da fluorescência de uma resina composta é de considerar que quanto maior é a emissão, melhores vão ser as qualidades ópticas dessa resina composta. Ao contrário do que é mencionado na literatura, a fluorescência das resinas compostas está relacionada com os compostos orgânicos ou produtos resultantes da polimerização e não apenas com os compostos inorgânicos adicionados (compostos raros oxidados) à sua composição. Na verdade, segundo este autor, o pico de fluorescência é influenciado pelo tipo de matriz de resina (Park et al., 2007).

Contrariamente, Vanini (1996) e Lefever et al. (2010) afirmam que os componentes básicos das resinas compostas por si só não promovem fluorescência e que, por isso, são adicionados compostos raros na sua matriz inorgânica.

De acordo com Meller & Klein (2012), um dos problemas associado ao estudo da fluorescência das resinas compostas reside nas diferenças de composição das mesmas, objectivos e métodos aplicados. Sendo assim, uma comparação de estudos torna-se inevitavelmente complicada, para além de que as diferenças de fluorescência não são verificáveis apenas entre diferentes marcas, mas também entre diferentes tons da mesma marca.

Após uma pesquisa exaustiva, verificou-se que escassa é a literatura que estuda o efeito das soluções pigmentantes na intensidade de fluorescência emitida pelas resinas compostas, tal como é abordado neste estudo. A grande maioria utiliza como meio de envelhecimento meios com 100% de humidade. Para além disso, grande parte dos

estudos calcula o pico de fluorescência emitido pelas resinas compostas através da subtração dos valores de reflectância obtidos em espectros de reflectância na presença e na ausência de luz UV no iluminante (ver tabela 16). De notar também que a maioria dos estudos concentra-se no estudo da cor e do parâmetro translucidez.

Autores	Resina Composta	Meios de imersão	Método aplicado	Duração	Resultados/ Conclusões
Lee, Lu e Powers (2005)	Filtek™ Supreme	ausente	subtração dos valores com e sem UV	0 horas	não há emissão de fluorescência
Lee, Lu e Powers (2006)	Filtek™ Supreme Esthet X improved Esteline Sigma Tetric Ceram TPH Spectrum	100% humidade	subtração dos valores com e sem UV	24 horas	<u>Filtek Supreme:</u> fluorescência ausente às 0h <u>Restantes:</u> fluorescência desaparece às 24h
Lim e Lee (2007)	Filtek™ Supreme	ausente	subtração dos valores com e sem UV	0 horas	fluorescência presente
Takahashi et al. (2008)	Filtek™ Supreme XT	100% humidade	espectros de fluorescência	120h	fluorescência 0h>120h
Mazur-Koczorowska et al. (2008)	Fulfill extra Artemis Durafill VS	Água destilada Vinho tinto Chá Café	espectros de fluorescência	7 dias	<u>Artemis:</u> > café <u>Fulfill extra:</u> água destilada<chá <café<vinho tinto <u>Durafill VS:</u> café<água destilada<chá <vinho tinto

Autores	Resina Composta	Meios de imersão	Método aplicado	Duração	Resultados/ Conclusões
Gawriolek et al. (2012)	Gradia	Café	espectros de fluorescência	5 dias	água destilada <café, vinho tinto, chá
	Sinfony	Chá			
Nora et al. (2013)	Opallis	Vinho tinto	espectros de fluorescência	21 dias	saliva artificial <água corrente, água destilada
		Água destilada			
		Água destilada			
		Água corrente			
		Saliva artificial			

Tabela 16: Análise de estudos *in vitro* sobre variações de fluorescência de diversas resinas compostas após imersão em soluções.

Conforme o descrito por Lee, Lu e Powers (2005), os tons de Filtek™ Supreme: A2E, A2B e A2D (3M ESPE – Minnesota, USA); não apresentam pico de fluorescência. Neste estudo o método aplicado foi o da subtração dos valores de reflectância obtidos através dos espectros de reflectância na presença e na ausência de luz UV no iluminante e os resultados foram obtidos em unidades arbitrárias. Para além disto, neste estudo as resinas compostas não sofreram qualquer tipo de aceleração de idade, nem através da imersão em soluções pigmentantes nem em ambiente 100% húmido.

Também noutro estudo de Lee, Lu e Powers (2006), a resina composta Filtek™ Supreme A2 não apresentou pico de fluorescência inicial. Outras quatro resinas compostas de outras marcas comerciais foram avalidas por apresentarem picos de fluorescência iniciais (0 horas). No entanto, após aceleração da idade (após 24h), a propriedade fluorescente das quatro resinas compostas desapareceu. O método aplicado neste estudo foi semelhante ao do estudo anterior: subtração dos valores de reflectância obtidos nos espectros de reflectância na presença e na ausência de UV no iluminante, às 0 horas e 24 horas após aceleração da idade em ambiente 100% húmido.

Contrariamente aos estudos anteriores, no estudo de Lim e Lee (2007), o Filtek™ Supreme A3B apresenta emissão de fluorescência. A unidade do pico de fluorescência é descrita, neste estudo, em termos de percentagem. O método aplicado

neste estudo para a obtenção do pico de fluorescência é o mesmo dos anteriores: subtração dos valores de reflectância obtidos nos espectros de reflectância na presença e ausência de luz UV no iluminante. Neste estudo não houve imersão em nenhum meio de envelhecimento.

Segundo o estudo de Takahashi et al. (2008), o Filtek™ Supreme XT A2, A2E e YT (3M ESPE – Minnesota, USA) não mostraram diferenças significativas de intensidade de fluorescência emitida após aceleração da idade. Neste estudo, foi avaliada a intensidade da fluorescência de várias resinas compostas de diversos tons, às 0 horas e 120 horas após a imersão em ambiente 100% húmido. Neste estudo também se verificou que o Filtek Supreme XT foi o material que apresentou os valores de fluorescência mais baixos às 0 horas. Tal como no estudo anterior de Lim e Lee (2007), houve emissão de fluorescência inicial. No entanto, os tons das resinas compostas utilizados nestes dois estudos são diferentes, o que torna impossível uma relação entre os dois.

De acordo com Mazur-Koczorowska et al. (2008), a exposição de resinas compostas a soluções pigmentantes causa uma redução superior a 40% da intensidade de fluorescência, sendo que a magnitude desta redução depende da solução pigmentante e da resina composta em causa. Neste estudo, foram efectuados os espectros de luminescência de três resinas compostas: Fulfill extra A3.5 (Dentsply DeTrey – Philadelphia, USA), Artemis A3.5 (Ivoclar Vivadent – Nova York, USA) e Durafill VS A3.5 (Heraeus Kulzer- Hanau, Germany); antes da imersão e após 7 dias de imersão em café, chá, vinho tinto e água destilada. Os espectros de fluorescência (comprimento de onda em nm *versus* intensidade de luminescência em u.a.) foram calculados com recurso ao Espectrofotómetro *Fluorolog 3-11 Spex* padronizado a um comprimento de onda de excitação de 380 nm. A comparação de estudos não pode ser feita, porque as resinas compostas utilizadas são diferentes assim como o método aplicado. Neste estudo concluiu-se que a intensidade de luminescência sofreu reduções diferentes nas três resinas compostas após a imersão nas soluções pigmentantes e que a diferença desta redução seria, provavelmente, devido às diferentes propriedades físicas e químicas dos materiais, bem como à sua diferente afinidade aos agentes pigmentantes. A maior redução da fluorescência observou-se na Artemis quando imersa em café. Para a Durafill a intensidade de fluorescência mais baixa verificou-se na imersão em vinho tinto, seguida do chá, água destilada e, por fim, o café. Para a Fulfill, a água destilada

foi a que provocou menos alterações de fluorescência, seguida do chá, café e, por fim, o vinho tinto.

No estudo realizado por Gawriolek et al. (2012), a intensidade de fluorescência emitida pelas resinas compostas imersas em soluções pigmentantes (café, chá e vinho tinto) é bastante inferior quando comparada com o grupo de controlo em água destilada. Neste estudo verificou-se que há variações das intensidades de fluorescência emitidas consoante o material e o agente pigmentante, tal como é descrito no estudo de Mazur-Koczorowska et al. (2008). Neste estudo foram estudados 5 materiais dentários, dois quais dois são resinas compostas: Gradia A2 (GC Europe – Leuven, Alemanha) e Sinfony A2 (3M ESPE – Seefeld, Alemanha). Foi obtido o espectro de fluorescência após a imersão nas respectivas soluções pigmentantes 5 dias depois. A partir destes gráficos, foi feita uma análise qualitativa e interpretativa.

Conforme o descrito por Nora et al. (2013), a saliva artificial representa o meio que menos afecta a propriedade fluorescente da resina composta Opallis A2E (FGM – Santa Catarina, Brasil) e, tanto a água corrente como a água destilada, demonstram alterações significativas na intensidade de fluorescência emitida por esta resina composta. O método aplicado neste estudo consiste na avaliação dos meios anteriormente referidos 1, 7 e 21 dias após a imersão. Uma vez que o método aplicado e a resina composta estudada difere da usada neste estudo, uma comparação torna-se inevitavelmente difícil.

O presente estudo obteve resultados que deverão ser tidos em conta quando se pretende escolher resinas compostas estéticas que mimetizem as características do dente natural e quando se pretende que essas características não sejam alteradas perante a acção de soluções potencialmente pigmentantes que podem ser diariamente ingeridas pela sociedade. No entanto, novos estudos poderão ser realizados com novos materiais disponíveis no mercado e com outros líquidos pigmentantes cada vez mais consumidos, como por exemplo o molho soja.

VI. Conclusões

Alterações de fluorescência de duas resinas compostas foram avaliadas antes e após a imersão em quadro soluções pigmentantes: água destilada, café *Nespresso*, *Black Vodka* e vinho tinto. Tendo em consideração as limitações deste estudo, obtiveram-se as seguintes conclusões:

1. A hipótese nula deste estudo deve ser rejeitada uma vez que se verificam alterações da fluorescência das duas resinas compostas após a imersão nas várias soluções pigmentantes.
2. As intensidades emitidas pelas duas resinas compostas na ausência de soluções pigmentantes são bastante diferentes, sendo bastante superiores as emitidas pela resina composta nanoparticulada, Filtek™ Supreme XTE A3B, e inferiores as emitidas pela resina composta híbrida, o Filtek™ Z250 A3.
3. Todas as soluções pigmentantes provocaram alterações da intensidade de fluorescência emitida pelas resinas compostas, embora em diferentes percentagens.
4. O pigmento que aparenta afectar mais a fluorescência das resinas compostas é, de um modo geral, o vinho tinto.
5. A solução pigmentante que menos afectou a Filtek™ Z250 A3 foi a água destilada, seguida do café, *black vodka* e, por fim, o vinho tinto.
6. A solução pigmentante que menos afectou a Filtek™ Supreme XTE A3B foi a água destilada, seguida do *black vodka*, café e, por fim, o vinho tinto.
7. A resina que sofre uma maior queda da intensidade da Fluorescência foi a Filtek™ Supreme XTE A3B, sob a acção do vinho tinto.
8. A resina composta mais afectada pela água destilada foi a Filtek™ Supreme XTE A3B.
9. A resina composta mais afectada pelo café foi a Filtek™ Supreme XTE A3B.
10. A resina composta mais afectada pela *black vodka* foi a Filtek™ Supreme XTE A3B.
11. A resina composta mais afectada pelo vinho tinto foi a Filtek™ Supreme XTE A3B.

12. De um modo geral, as diferentes composições das duas resinas compostas aparentam ser responsáveis por diferentes alterações da intensidade da fluorescência na presença de diferentes soluções pigmentantes.

VII. Referências Bibliográficas

Acuña, A. U., Amat-Guerri, F., Morcillo, P., Liras, M., & Rodríguez, B. (2009). Structure and formation of the fluorescent compound of lignum nephriticum. *Organic Letters*, 11(14), 3020-3. doi: 10.1021/ol901022g.

Akbar, H. N., Moharamzadeh, K., Wood, D. J., & Noort, R. V. (2011). Relationship between color and translucency of multishaded dental composite resins. *International Journal of Dentistry*, 2012:708032. doi: 10.1155/2012/708032.

Albuquerque, P. P. A. C., Moreira, A. D. L., Moraes, R. R., Cavalcante, L. M., & Schneider, L. F. J. (2013). Color stability, conversion, water sorption and solubility of dental composites formulated with diferente photoinitiator systems. *Journal of Dentistry*, 41(3), 67-72. doi: 10.1016/j.jdent.2012.11.020.

Arimoto, A., Nakajima, M., Hosaka, K., Nishimura, K., Ikeda, M., Foxton, R. M., & Tagami, J. (2010). Translucency, opalescence and light transmission characteristics of light-cured resin composites. *Dental Materials*, 26(11), 1090-1097. doi: 10.1016/j.dental.2010.07.009.

Baratieri, L. N., Araujo, E., & Monteiro, S. (2007). Color in natural teeth and direct resin composite restorations: essencial aspects. *The European Journal of Esthetic Dentistry*, 2(2), 172-86.

Blackham, J. T., Vandewalle, K. S., & Lien, W. (2009). Properties of hybrid resin composite systems containing prepolymerized filler particles. *Operative Dentistry*, 34(6), 697-702. doi: 10.2341/08-118-L.

Borges, A. L. S., Costa, A. K. F., Saavedra, G. S. F. A., Komori, P. C. P., Borges, A. B., & Rode, S. M. (2011). Color stability of composites: effect of immersion media. *Acta Odontológica Latinoamericana*, 24(2), 193-199.

Burkinshaw, S. M. (2004). Color in relation to dentistry: fundamentals of colour science. *British Dental Journal*, 196(1), 33-41. doi: 10.1038/sj.bdj.4810880.

Chen, Q., Zhao, Y., Wu, W., Xu, T., & Fong, H. (2012). Fabrication and evaluation of bis-GMA, TEGDMA dental resins composites containing halloysite nanotubes. *Dental Materials*, 28(10), 1071-1079. doi: 10.1016/j.dental.2012.06.007.

Cutnell, J. D., & Johnson, K. W. (2006). Ondas electromagnéticas. In *Física: Vol. 2*. (pp. 221-252). Southern Illinois University, Carbondale: John Wiley & Sons, Inc.

Cutnell, J. D., & Johnson, K. W. (2006). A reflexão da luz: espelhos. In *Física: Vol. 2*. (pp. 254-276). Southern Illinois University, Carbondale: John Wiley & Sons, Inc.

Cutnell, J. D., & Johnson, K. W. (2006). A refração da luz: lentes e instrumentos ópticos. In *Física: Vol. 2*. (pp. 278-324). Southern Illinois University, Carbondale: John Wiley & Sons, Inc.

Denninson, J. B. (2008). Polymeric restorative materials. In W. J. O'Brien (Eds.). *Dental materials and their selection* (pp. 114-133). Ann Arbor, Michigan: Quintessence Publishing Co.

Ferracane, J. L. (2011). Resin composite- state of the art. *Dental Materials*, 27(1), 29-38. doi: 10.1016/j.dental.2010.10.020.

Ferreira, L. F. V. (1999). Fotoquímica de corantes (e outras moléculas orgânicas) em superficies. *Química*, 72, 28-46.

Ferreira, L. F. V., & Machado, I. L. F. (2007). Surface photochemistry: organic molecules within nanocavities of cálix-arenes. *Currunt Drug Discovery Technologies*, 4(4), 229-245.

Frazier, P.D., Engen, D.W., & Scamack, S.K. (1967). X-ray-induced emission from enamel, boné and other calcium phosphate materials. *Journal of Dental Research*, 46(4), 731-735.

Friebel, M., Pernell, O., Cappius, H., Helfmann, J., & Meinke, M. C. (2012). Simulation of color perception of layered dental composites using optical properties to evaluate the benefit of esthetic layer preparation technique. *Dental Materials*, 28(4):424-32. doi: 10.1016/j.dental.2011.11.017.

Fusayama, T., Katayori, T., & Nomoto, S. (1963). Corrosion of Gold and amalgam placed in contact with each other. *Journal of Dental Research*, 42: 1187-1189.

Gawriolet, M., Sikorska, E., Ferreira, L.F.V., Costa, A. I., Khmelinskii, I., Krawczyk, A., ..., & Koczorowski, R. (2012). Color and luminescence stability of selected dental materials in vitro. *Journal of Prosthodontics*, 21(2), 112-122. doi: 10.1111/j.1532-849X.2011.00808.x.

Guiraldo, R. D., Consani, S., Consani, R. L. X., Berger, S. B., Mendes, W. B., Sinhoreti, M. A. C., & Correr-Sobrinho, L. (2010). Comparison of silorane and methacrylate-based composite resins on the curing light transmission. *Brazilian Dental Journal*, 21(6), 538-542.

Hecht, E. (2002). A propagação da luz. In *Óptica* (pp.115- 184). Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian.

Jablonski, T., Takahashi, M. K., Brum, R. T., Rached, R. N., & Souza, E. M. (2014). Comparative study of the fluorescence intensity of dental composites and human teeth submitted to artificial aging. *General Dentistry*, 62(1), 37-41.

Jágr, M, Eckhardt, A., Pataridis, S., Broukal, Z., Dusková, J., & Miksík, I. (2014). Proteomics of human teeth and saliva. *Physiological Research*, 63(1), 141-154.

Kang, A., Son, S., Hur, B., Kwon, Y. H., Ro, J. H., & Park, J. (2012). The color stability of silorane and methacrylate-based resin composites. *Dental Materials Journal*, 31(5), 879-884. doi: 10.4012/dmj.2012-082.

Karaarslan, E. S., Bulbul, M., Yildiz, E., Secilmis, A., Sari, F., & Usumez, A. (2013). Effects of diferente polishing methods on color stability of resin composites after accelerated aging. *Dental Materials Journal*, 32(1), 58-67. doi: 10.4012/dmj.2012-045.

Lee, Y., Lu, H., & Powers, J. M. (2004). Influence of fluoresente and opalescente properties of resin composites on the masking effect. *Journal od biomedical materials research*, 76(1), 26-32.

Lee, Y., Lu, H., & Powers, J. M. (2005). Fluorescence of layred resin composites. *Journal of Esthetic Restorative Dentistry*, 17(2), 93-100.

Lee, Y., Kim, S., & Powers, J. M. (2005). Changes in translucency of resin composites after storage in salivar esterase. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 17(5), 293-302.

Lee, Y., Lu, H., & Powers, J. M. (2006). Changes in opalescence and fluorescence properties of resin composites after accelerated aging. *Dental Materials*, 22(7), 635-660. doi: 10.1016/j.dental.2005.08.004.

Lee, Y., Kim, J., & Ahn, J. (2007). Influence of the changes in the uv componente of illumination on the color of resin composites. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 97(6), 375-380.

Lefever, D., Mayoral, J. R., Mercade, M., Basilio, J., & Roig, M. (2010). Optical integration and fluorescence: a comparison among restorative materials with spectrophotomeric analysis. *Quintessence International*, 41(10), 837-844.

Leprince, J. G., Palin, W. M., Hadis, M. A., Devaux, J., & Leloup, G. (2013). Progress in dimethacrylate-based dental composite technology and curing efficiency. *Dental Materials*, 29(2):139-56. doi: 10.1016/j.dental.2012.11.005.

Li, Q, Xu, B.T., Li, R., Wang, Y.N. (2010). Spectrophotometric comparison of translucent composites and natural enamel. *Journal of Dentistry*, 38(2), 117-122. doi: 10.1016/j.jdent.2010.03.011.

Lim, Y., & Lee, Y. (2007). Fluorescent emission of varied shades of resin composites. *Dental Materials*, 23(10), 1262-1268.

Malekipour, M. R., Sharafi, A., Kazemi, S., Khazaei, S., & Shirani, F. (2012). Comparison of color stability of a composite resin in diferente color media. *Dental Research Journal*, 9(4), 441-446.

Mazur-Koczorowska, A., Sikorska, E., Krawczyk, A., Khmelinskii, I., Sikorski, M., Koczorowski, R., & Stopa, J. (2008). Luminescence of selected dental composites in vitro. *Dental Materials*, 24(4), 1329-1335. doi: 10.1016/j.dental.2008.02.014.

McLaren, E. A. (1997). Luminescent veneers. *Journal of Esthetic Dentistry*, 9(1), 3-12.

Meller, C., & Klein, C. (2012). Fluorescence properties of commercial composite resin restorative materials in dentistry. *Dental Materials Journal*, 31(6), 916-923.

Meshner, A. L. (2013). Digestive tract. In *Junqueira's Basic Histology Text & Atlas* (pp.289-322). New York, USA: The McGraw-Hill Companies.

Munsell, A. (1912). A pigment color system and notation. *The American Journal of Psychology*, 23(2), 236-244.

Neves, J. A. S. C. (2010). *Estudo comparativo da reflectância das resinas compostas após pigmentação* (Tese de Mestrado). Instituto Superior de Ciências da Saúde Egas Moniz, Monte da Caparica, Portugal.

Nora, A. D., Bueno, R. P. R., & Pozzobon, R. T. (2013). Intensidade de fluorescência em resina composta: influência do polimento superficial e dos meios de armazenagem. *Revista de Odontologia da UNESP*, 42(2), 104-109.

Ozturk, B., Cobanoglu, N., Cetin, A. R., & Gunduz, B. (2013). Conversion degrees of resin composites using diferente light sources. *European Journal of Dentistry*, 7(1), 102-109.

Paravina, R. D. (2013). Color and shade matching. In T. J. Hilton, J. L. Ferracane, & J. C. Broome (Eds). *Summitt's Fundamentals of Operative Dentistry* (pp. 79-92). Chicago, USA: Quintessence Publishing Co, Inc.

Park, M., Lee, Y., & Lim, B. (2007). Influence of fluorescent whitening agente on the fluorescente emission of resin composites. *Dental Materials*, 23(6), 731-735.

Pereira, T. B., Amaral, R. C., Cavalcante, E. S. L., & Porto, I. C. C. M. (2011). Comparação da fluorescência de resinas compostas restauradoras com a estrutura dental hígida – in vivo. *Revista Semente*, 6(6), 131-136.

Queiroz, R.S., Lima, J.P.M., Malta, D.A.M.P., Rastelli, A.N.S., Cuin, A., & Neto, C.S.T.P. (2009). Changes on transmittance mode of different composite resins. *Materials Research*, 12(2), 127-132.

Queiroz, R. S., Bandéca, M. C., Calixto, L. R., Gaiao, U., Cuin, A., & Porto-Neto, S.T. (2010). Influence of the light-curing unit, storage time and shade of a dental composite resin on the fluorescence. *Laser Physics*, 20(7), 1647-1653. doi: 10.1134/S1054660X10130165.

Rawls, H. R. (2013). Resin-based composites. In K. J. Anusavice, C. Shen e H. R. Rawls (Eds.), *Phillips' science of dental materials* (pp. 275-306). Gainesville, Florida: Elsevier Saunders.

Rego, A. M.B. do, & Ferreira, L. F. V. (2001). Photonic and electronic spectroscopies for the characterization of organic surfaces and organic molecules adsorbed on surfaces. In Nalwa, H.S. (Ed). *Handbook of Surfaces and Interfaces of Materials* (pp. 257-313). New York, USA: Academic Press.

Singer, B. A. (2001) Fundamentals of Esthetics. In K. W. Aschheim & B. G. Dale (Eds). *Esthetic Dentistry: A clinical approach to techniques and materials* (pp. 27-37). Missouri, USA: Mosby, an affiliate of Elsevier.

Takahashi, M.K., Vieira, S., Rached, R.N., Almeida, J.B., Aguiar. M., & Souza, E.M. (2008). Fluorescence intensity of resin composites and dental tissues before and after accelerated aging: a comparative study. *Operative Dentistry*, 33(2), 189-195.

Valeur, B., & Berberan-Santos, M. N. (2011). A brief history of fluorescence and phosphorescence before the emergence of quantum theory. *Journal of Chemical Education*, 88(6), 731-738. dx.doi.org/10.1021/ed100182h.

Vanini, L. (1996). Light and color in anterior composite restorations. *Practical Periodontics and Aesthetic Dentistry*, 8(7), 673-682.

Walker, J. (2008). *Electromagnetic waves*. In *Fundamentals of Physics* (pp.889-923). Cleveland, USA: John Wiley & Sons, Inc.

Yu, B., & Lee, Y. (2008). Differences in color, translucency and fluorescence between flowable and universal resin composites. *Journal of Dentistry*, 36(10), 840-846. doi: 10.1016/j.jdent.2008.06.003.

Yu, B., & Lee, Y. (2013). Comparison of stabilities in translucency, fluorescence and opalescence of direct and indirect composite resins. *The European Journal of Esthetic Dentistry*, 8(2), 214-225.

Zagalo, C., dos Santos, J. M., Cavacas, A., Silva, A. J. S., Evangelista, J. G., Oliveira, P., & Tavares, V. (2010). Anatomia dentária. In Anatomia da Cabeça e Pescoço e Anatomia Dentária (pp. 265-296). Monte da Caparica: Egas Moniz Publicações.

Zhang, L., Nelson, L. Y., & Seibel, E. J. (2011), Red-shifted fluorescence of sound dental hard tissue. *Journal of Biomedical Optics*, 16(7), 071411. doi: 10.1117/1.3606572.

VI. Anexos

(1) Composição da Saliva artificial (PH=5,525) (retirado de Fusayama et al, 1963):

Na₂S – 0.0008g
Mg₂P₂O₇ – 0.0008g
Mucin – 2.0000g
CO(NH₂)₂ – 0.5000g
Na₂HPO₂ – 0.3000g
CaCl₂ - 0.3000g
KCl – 0.2000g
NaCl – 0.2000g
500 ml Água destilada

(2) Folheto informativo do Filtek™ Z250 A3 (3M-ESPE) – Universal Restorative
(retirado de folheto informativo da 3M):

Informações gerais: o material do Restaurador Universal 3M ESPE Filtek™ Z250 é um compósito restaurador ativado de luz visível, radiopaco. É concebido para utilizar em restaurações anterior e posterior. A carga do 3M Filtek™ Z250 é zircónio/ sílica. A carga inorgânica é de 60% por volume (sem tratamento com silano) com uma variação de tamanho de partículas de 0,01 a 3,5 µm. O restaurador Filtek™ Z250 contém resinas Bis-GMA, UDMA, TEGDMA e Bis-EMA. É utilizado um adesivo dentário, tal como o produto fabricado pela 3M ESPE, para ligar permanentemente a restauração à estrutura dentária. O restaurador está disponível em diversas tonalidades. É embalado em seringas tradicionais e em cápsulas de dose única.

Indicações: o restaurador Filtek™ Z250 é indicado para uso em:

- Restaurações directas anterior e posterior
- Reconstrução de cotos
- Telas/ Splinting
- Restaurações indirectas incluindo inlays/embutimentos, onlays e facetas.

(3) Folheto informativo do Filtek™ Supreme XTE A3B (3M-ESPE) – Universal Restorative (retirado de folheto informativo da 3M):

Informações gerais: o material restaurador universal 3M ESPE Filtek™ Supreme XTE é um compósito restaurador ativado pela luz visível, concebido para utilizar nas restaurações anteriores e posteriores. Todas as tonalidades são radiopacas. As partículas são uma combinação de sílica 20 nm, de zircónio de 4 a 11 nm não aglomerados/ não agregados e um cluster de zircónio/ sílica agregados (composto por partículas de sílica 20 nm zircónio 4 a 11 nm). As tonalidades da Dentina, do Esmalte e do Corpo têm um tamanho médio de partícula de clusters de 0,6 a 10 microns. As tonalidades translúcidas têm um tamanho médio de partícula de cluster de 0,6 a 20 microns. A carga inorgânica das partículas é de cerca de 72,5% por peso (55,6% por volume) para as tonalidades translúcidas e de 78,5% por peso (63,3% por volume) para todas as outras tonalidades. Filtek™ Supreme XTE universal contém resinas Bis-GMA, UDMA, TEGDMA, PEGDMA e Bis-EMA. É utilizado um adesivo dentário, tal como o produto fabricado pela 3M ESPE, para ligar permanentemente a restauração à estrutura dentária. O restaurador está disponível numa vasta gama de tonalidades de dentina, corpo e esmalte e translúcidas. É embalado em seringas tradicionais e em cápsulas de dose única.

Indicações: o restaurador universal Filtek™ Supreme XTE é concebido para utilizar em:

- Restaurações anteriores e posteriores directas (incluindo as superfícies oclusais)
- Matrizes
- Talas /Splinting
- Restaurações indirectas incluindo inlays/ embutimentos, onlays e facetas.